

I. *Versuche über das Tragvermögen hufeisenförmiger Magnete und über die Schwingungsdauer geradliniger Magnetstäbe;*

von *Paul Wolfgang Haecker*,

Eisenhändler und Verfertiger magnetischer Apparate in Nürnberg <sup>1)</sup>).

I. Versuche über das Tragvermögen hufeisenförmiger Magnete.

Die Untersuchungen über die Gesetze des Magnetismus, sind mit vielen Schwierigkeiten verknüpft, wegen der vielen Grössen, die sich dabei gegenseitig bedingen, und welche kennen zu lernen und bestimmen zu können, eine

- 1) Die freundschaftlichen Verhältnisse, in welchen ich zu Hrn. Haecker stehe, setzten mich in den Stand, den Anfang und Fortgang seiner Untersuchungen über Magnete ununterbrochen mit meinen Augen zu verfolgen, und jeden Schritt, den er in diesem Gebiete vorwärts that, unmittelbar darauf selbst zu thun. Die Unverdrossenheit und Ausdauer, welche er hierbei an den Tag legte, in Verbindung mit der stets wachsenden Bereitheit, Versuchsmittel in solcher Menge sich zu verschaffen, wie sie nicht leicht einem Physiker vom Fache zu Gebote stehen, geben seinen Versuchen eine grössere Allgemeinheit, als dieß bei vielen andern, zu ähnlichen Zwecken angestellten, der Fall ist, und sichern seiner Arbeit einen bleibenden Werth. Eben deshalb bewog ich ihn, einen Theil der Resultate seiner vieljährigen Beobachtungen der Oeffentlichkeit zu übergeben, damit Andere, die sich mit dem gleichen Gegenstande befassen wollen, Gewinn aus ihnen ziehen möchten. Diese Resultate werfen Licht auf viele dunkle Stellen im Gebiete des Magnetismus, und geben dem, der weiter gehen will, eine Menge fester Haltpunkte da an die Hand, wo bisher der Boden noch sehr unsicher war. Die Gesetze, welche Hr. Haecker aufgefunden hat, sind rein empirische, wie dieß namentlich bei der Bestimmung der Schwingungsdauer geradliniger Magnetstäbe von selbst in die Augen springt, aber der große Umfang, über welchen sich dessen Versuche erstrecken, giebt ihnen eine höhere Bedeutung. Ich

sehr große Anzahl von Versuchen nothwendig machen, wo jeder einen neuen Gegenstand der Beobachtung, nämlich einen neuen Magnet erfordert. Ich veröffentliche hiemit die Resultate mehrjähriger Versuche, bei welchen ich von dem Herrn Rector Professor Dr. Ohm dahier auf das Freundschaftlichste und Thätigste unterstützt wurde.

Um meine Untersuchungen über den Magnetismus mit der gehörigen Sicherheit beginnen zu können, mußte mein hauptsächlichstes Streben dahin gerichtet seyn, den Magnet so beständig zu machen, daß bei den Versuchen übereinstimmende Werthe von möglichst gleichem Gewicht erhalten werden. Diefs kann jedoch bei demselben nur dadurch geschehen, daß er von der Anziehungskraft, welche ihm einmal ertheilt worden ist, nichts verliert, und da man bei dem Magnet immer Eisen anlegt und wieder abreißt, so darf er dadurch nicht schwächer werden. Ohne diese Eigenschaft ist es gar nicht möglich Versuche mit Erfolg vorzunehmen, und noch weniger sie durchzuführen. Erst nachdem dieses gelungen war, konnte ich daran denken, Gesetze der magnetischen Wirksamkeit aufzufinden. Der Magnet wird dadurch, daß er eine Kraft in sich trägt, welche beständig fortwirkt und sich niemals aufzehrt, ein Gegenstand vom höchsten Interesse. Weil im Verlauf des Folgenden die Tragkraft des Magnets einen Hauptgegenstand unserer Untersuchung ausmacht, so wird, um Wiederholungen zu vermeiden, hier ausdrücklich bemerkt, daß darunter nur der beständige, mit gleicher Kraft fortwirkende, nie entweichende Magnetismus verstanden ist, welcher derselbe bleibt, der Anker mag auch noch so oft abgerissen

war mehrere Male versucht ihnen ein gelehrtes Kleid umzulegen, was ohne Mühe wohl geschehen könnte; allein ich ging jedesmal wieder davon ab, indem ich mich der Sünde fürchtete, dieser Arbeit ihre ursprüngliche Simplicität zu rauben.

Nürnberg, 8. Sept. 1842.

Dr. G. S. Ohm.

werden, und ich wähle dafür das Wort constante Kraft. Die weit grössere Kraft, welche einem Magnet ausserdem scheinbar noch ertheilt werden kann, welche aber vorübergehend ist, bietet für unsern gegenwärtigen Zweck nichts Beachtenswerthes dar, und es ist daher auch nicht nöthig uns viel mit derselben zu beschäftigen.

Die Wahrheit von der constanten Kraft des Magnetismus gründet sich auf achtjährige Erfahrung und Beobachtung an einer sehr grossen Anzahl von mir verfertigten Magnete. In Schriften, welche über Magnetismus handeln, wird häufig geklagt, dafs die Magnete durch das öftere Abreißen des Ankers bald an ihrer Kraft nachlassen, ja es wird diels sogar von einigen Physikern als in dem Wesen des Magnetismus begründet angenommen. Allein derjenige Magnet ist immer fehlerhaft, welcher durch das Abreißen des Ankers schwächer wird, und ist für Maafsbestimmungen ganz zu verwerfen. An den von mir verfertigten Magneten habe ich, wenn auch der Anker mehrere hundert Mal von ihnen abgerissen wurde, niemals eine Abnahme ihrer Kraft wahrgenommen, ja sogar jene Magnete, welche in den von mir nach einer neuen Einrichtung construirten magneto-elektrischen Maschinen thätig waren, wirkten nach jahrelangem Gebrauch, wobei der Anker viele Hunderttausend Mal mit Heftigkeit auf den Magnet geschlagen und von demselben wieder abgerissen worden war, mit ihrer anfänglichen Kraft fort. Ob nun gleich der Magnet in der genannten Weise seine Kraft wesentlich stets ungeändert beibehält, so wird doch nicht behauptet, dafs er sie nicht auf irgend eine Art verlieren könne. Es ist daher von der grössten Wichtigkeit alle Umstände genau zu kennen, welche ihm seine Kraft benehmen, oder denselben in seiner Wirkung schwächen, um ihn immer im brauchbaren Zustande erhalten zu können.

Man darf einen Magnet nicht erhitzen, man darf ihn nicht fallen lassen, durch Schlagen oder Stossen erschüt-

tern; denn jede Erschütterung im ungeschlossenen Zustande ist ihm mehr oder minder nachtheilig. Man darf ihn nicht auf einem, oder mit einem harten, rauhen Körper reiben; eben so wenig darf man ihn auf Eisen legen oder über seine Schenkel mit einem Eisen streichen; auch darf man den Anker nicht auf den Seiten seiner Schenkel abreißen. Man soll auch einen Magnet nicht in grofse Nähe von Eisen, Stahl oder andern Magneten legen. Das Anlegen des Ankers ist zu empfehlen; ganz überflüssig ist es jedoch den Magnet immer belastet zu erhalten. Vorzüglich hat man darauf zu sehen, dafs weder die Pole desselben noch der Anker mit Staub, Schmutz oder Rost bedeckt sind. In diesem Fall verliert der Magnet zwar nichts an seiner Kraft, allein er kann nicht seine volle Wirkung äufsern, weil beim Anlegen des Ankers die Pole in eine gröfsere Entfernung von einander kommen. Sind jedoch die Schenkel schmutzig oder rostig, so hat dieses keinen Einflufs, wenn nur die Polenden rein sind. Gleichfalls hat man sich vorzusehen, dafs sich keine kleinen Eisentheilchen an den Anker oder an die Pole des Magnets anhängen, dieselben sind oft mit blofsem Auge kaum sichtbar, bringen aber bei Untersuchung der Tragkraft sehr grofse Schwankungen hervor. Magnetisirt man mit einem Magnet, so verliert er etwas an seiner Stärke; der Verlust ist zwar nicht bedeutend, aber doch merkbar, und in diesem Fall mufs man ihn aufs Neue abaichen, wenn man dessen gegenwärtige Kraft genau kennen will. Hat aber ein Magnet aus einer der angegebenen Ursachen seine Kraft verloren, so bleibt nichts anderes übrig als ihn aufs Neue wieder zu magnetisiren. Aus dem Angeführten ist leicht zu entnehmen, welche Aufmerksamkeit man einem Magnet widmen mufs, wenn man denselben immer bei gleicher Kraft und in brauchbarem Zustande erhalten und die mancherlei Schwankungen in den Aeußerungen der magnetischen Kraft bei den Versuchen verhindern will. Um nun eine Ueber-



sicht über das Verhalten der Magnete zu erlangen, so folgt hier ein Auszug aus meinem Journal über mehrere von mir verfertigte Magnete in Hufeisenform von constanter Kraft, wobei nicht zu übersehen ist, daß diese Magnete sämmtlich aus einem einzigen Stabe bestehen.

Gewicht Loth:	1	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{3}{8}$	$2\frac{1}{4}$		
Tragkraft Loth:	33	36	40	57	70		
Gewicht Loth:	3	$3\frac{1}{2}$	4	4	$5\frac{1}{2}$		
Tragkraft Pfund:	2	$3\frac{1}{16}$	3	$2\frac{3}{4}$	$3\frac{1}{2}$		
Gewicht Loth:	$7\frac{1}{4}$	8	8	12	12		
Tragkraft Pfund:	5	4	$4\frac{13}{16}$	5	$5\frac{1}{2}$		
Gewicht Loth:	12	12	13	14	16	20	24
Tragkraft Pfund:	6	$6\frac{3}{4}$	$7\frac{1}{4}$	8	7	8	10
Gewicht Pfund:	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{7}{8}$	1	1	1
Tragkraft Pfund:	$10\frac{1}{2}$	11	10	11	9	10	11
Gewicht Pfund:	1	1	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{3}{8}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{3}{4}$	$1\frac{3}{4}$
Tragkraft Pfund:	$11\frac{1}{2}$	12	13	14	15	$16\frac{1}{2}$	18
Gewicht Pfund:	$11\frac{3}{16}$	2	$2\frac{1}{2}$	3	$3\frac{1}{4}$	$3\frac{1}{2}$	$3\frac{3}{4}$
Tragkraft Pfund:	18	18	20	20	25	25	25
Gewicht Pfund:	4	$4\frac{1}{4}$	5	$5\frac{1}{2}$	$6\frac{1}{4}$	7	$7\frac{1}{2}$
Tragkraft Pfund:	26	32	30	32	35	42	38
Gewicht Pfund:	$8\frac{1}{4}$	$9\frac{1}{4}$	12	12	20	40	
Tragkraft Pfund:	50	50	60	65	100	150	

Die Tragkraft sämmtlicher Magnete würde jedoch weit größer seyn, und beinahe das Doppelte betragen, wenn der Anker nach dem Magnetisiren von denselben nicht absichtlich mehrmals abgerissen worden wäre. In diesem Fall ist die Kraft jedoch nicht constant, sondern nur vorübergehend. Es ist dieses auch leicht begreiflich. Denn bei dem Magnetisiren wirkt nicht bloß der gestrichene Magnet, sondern auch der streichende auf den Anker ein, wodurch die magnetische Spannung in diesem auf eine Art verstärkt wird, die nicht mehr bestehen kann, so wie der Anker abgerissen, und dadurch die Wirkung des Strichmagnets vernichtet wird. Um daher

einen Magnet zu prüfen, muß man den Anker wenigstens ein Paar Dutzend Male von demselben abreißen, und dabei untersuchen, ob er immer gleiche Last trägt. Vorstehende Versuchsreihe ist zahlreich genug, um uns eine Einsicht in die Wirkungsweise des Magnetismus zu gewähren. Wir ersehen daraus, daß nicht alle Magnete von einerlei Gewicht gleiche magnetische Kraft besitzen, aber doch mit hinreichender Bestimmtheit, daß, bei aller Regellosigkeit, welche sich hier zu erkennen giebt, das Tragverhältniß bei zunehmender Masse abnimmt. Um nun noch mehr Sicherheit und eine größere Ueberzeugung darüber zu erlangen, so wurden mit der größten Sorgfalt noch drei kleinere Magnete verfertigt:

einer von  $\frac{1}{3}\frac{1}{2}$  Loth, welcher 28 Loth zog,

einer von  $\frac{9}{3}\frac{1}{2}$  Loth, welcher 20 Loth zog,

einer von  $\frac{7}{4}\frac{8}{8}$  Loth, welcher 13 Loth zog.

Hier zeigt sich die Abnahme des Tragverhältnisses bei zunehmender Masse sehr augenscheinlich. Da ich mich nun Jahre lang, aber immer vergebens, bestrebte, die großen Magnete auf das gleiche Tragverhältniß der kleineren zu bringen, die Natur übrigens keine Launen hat, sondern stets nach bestimmten Gesetzen auf die einfachste Weise wirkt, so verwickelt uns auch die Verhältnisse scheinen mögen, so ermunterte mich dieses, das hiebei obwaltende Gesetz aufzusuchen. Zu diesem Zwecke wurden die besten der von mir verfertigten Magnete ausgewählt, und deren Tragvermögen sorgfältig bestimmt. Auf solche Weise gelangte ich zu folgenden Resultaten:

Bezeichnet  $n$  das Verhältniß der Tragkraft zu dem Gewicht des Magnets:

$P$  die Masse oder das Gewicht des Magnets,

so hat man stets  $\alpha = n\sqrt[3]{P}$ , oder in Logarithmen:

$$\log \alpha = \log n + \frac{1}{3} \log P,$$

wobei  $\alpha$  eine constante GröÙe vorstellt, welche das Tragverhältniß eines Magnets von der Gewichtseinheit bedeu-

tet. Nach dieser Formel wurden nun folgende Magnete berechnet :

Gewicht.	Tragkraft.	Verhältniß der Tragkraft.	log. $\alpha$ .
$\frac{7}{48}$ Loth	13 Loth	das 89fache	1,647
$\frac{9}{32}$ -	20 -	- 71 -	1,667
$\frac{15}{32}$ -	28 -	- 60 -	1,668
$\frac{11}{8}$ -	57 -	- 41 -	1,658
$\frac{9}{4}$ -	70 -	- 31 -	1,608
$\frac{7}{2}$ -	98 -	- 28 -	1,625
$\frac{29}{4}$ -	160 -	- $22\frac{1}{2}$ -	1,634
13 -	240 -	- $18\frac{1}{2}$ -	1,638
56 -	576 -	- $10\frac{1}{3}$ -	1,595
104 -	800 -	- 7,7 -	1,558
224 -	1344 -	- 6 -	1,561.

Um nun die Versuchsreihe möglichst zu ergänzen, so wurden mit vieler Mühe und Sorgfalt noch folgende vier kleine Magnete verfertigt.

Nämlich einer

von  $\frac{1}{16}$  Loth schwer, welcher 7 Loth zog

- $\frac{1}{32}$ -	-	-	- 4 -	-
- $\frac{1}{64}$ -	-	-	- $2\frac{1}{2}$ -	-
- $\frac{1}{128}$ -	-	-	- $\frac{50}{32}$ -	-

Darauf wurden folgende Magnete mit einander verglichen und der Werth ihrer Constante bestimmt.

Gewicht.	Tragkraft.	Verhältniß der Tragkraft.	log. $\alpha$ .
$\frac{1}{128}$ Loth	$\frac{50}{32}$ Loth	das 190fache	1,581
$\frac{1}{64}$ -	$2\frac{1}{2}$ -	- 160 -	1,602
$\frac{1}{32}$ -	4 -	- 128 -	1,605
$\frac{1}{16}$ -	7 -	- 112 -	1,648
$4\frac{1}{4}$ Pfund	32 Pfund	- $7\frac{1}{2}$ -	1,586
$8\frac{1}{4}$ -	50 -	- 6,06 -	1,589
12 -	65 -	- 5,417 -	1,594
20 -	100 -	- 5 -	1,633
40 -	150 -	- $3\frac{3}{4}$ -	1,610

Auch hier finden wir in den Logarithmen der Constante keine grossen Abweichungen.

Obiger Gleichung  $\alpha = n\sqrt[3]{P}$  kann man eine andere Gestalt geben, wenn man durch  $z$  das Tragvermögen bezeichnet, und dann  $\frac{z}{P}$  für  $n$  setzt. Man erhält dann:

$$\alpha = \frac{z}{\sqrt[3]{P^2}}$$

oder:

$$z = \alpha\sqrt[3]{P^2},$$

woraus folgt, dafs die Tragkraft zunimmt wie das Quadrat der dritten Wurzel aus der Masse, während nach der früheren Formel das Tragverhältnifs im umgekehrten Verhältnifs zur dritten Wurzel aus der Masse steht. Läfst man daher die Masse stetig ab- oder zunehmen, so zeigt sich an den beiden Gränzen der Verhältnisse immer ein Maximum und Minimum neben einander. Eine unendlich kleine Masse hat ein unendlich grosses Tragverhältnifs, und eine unendlich grosse Masse ein unendlich kleines Tragverhältnifs. Bezeichnen nun

$p, P$  die Gewichte

$z, Z$  die Tragkräfte

zweier Magnete, so verhält sich

$$p^2 : P^2 = z^3 : Z^3;$$

es verhalten sich daher bei gleichem Werthe von  $\alpha$  die Quadrate der Gewichte oder Massen zweier Magnete, wie die Kubi ihrer Tragkräfte. Aus der Versuchsreihe ergibt sich, dafs der Magnet von 40 Pfund im Gewicht und  $3\frac{3}{4}$ facher Tragkraft eine nur wenig grössere Constante hat, wie derjenige von  $\frac{1}{125}$  Loth und 190facher Tragkraft, und die fast völlige Uebereinstimmung, welche bei der Vergleichung der magnetischen Kraft an so sehr entfernten Gränzen stattfindet, spricht sehr zu Gunsten des aufgefundenen Gesetzes.

Aus der Formel  $\alpha = n\sqrt[3]{P}$  erschen wir, dafs, wenn

viele kleine Magnete mit einander verbunden werden, das Tragverhältniß eines Magnets in dem Verhältniß abnimmt, als die dritte Wurzel der Masse zunimmt. So sehr wir nun davon überzeugt seyn können, so ist es doch unumgänglich nothwendig die Wahrheit dieses Gesetzes noch durch directe Versuche nachzuweisen. Zu diesem Behuf wurde ein Magnet aus fünf Lamellen bestehend genommen, jede Lamelle gewogen, und hernach magnetisirt.

No. 1	wog	$9\frac{1}{2}$	Loth und zog	4 Pfd.
- 2	-	10	- - -	$3\frac{1}{2}$ -
- 3	-	11	- - -	4 -
- 4	-	10	- - -	$3\frac{1}{2}$ -
- 5	-	9	- - -	$3\frac{1}{2}$ -

Summe der Gewichte  $49\frac{1}{2}$  Loth. Summød. Tragkr.  $18\frac{1}{2}$  Pfd.

es zog daher im Durchschnitt jede Lamelle das zwölffache ihres eigenen Gewichts, und die Summe der Tragkraft der einzelnen Schienen ist  $18\frac{1}{2}$  Pfund. Es muß daher die Formel  $\alpha = n\sqrt[3]{P}$  bei den einzelnen, so wie bei den vereinigten Schienen gleiche Werthe für  $\alpha$  geben. Bei den einzelnen Schienen ist:

$$P = 9,9$$

$$n = 12$$

$$\log \alpha = 1,4109,$$

als nun diese fünf Lamellen zu einem Magnet vereinigt wurden, so zog derselbe  $10\frac{1}{2}$  Pfund. Hier ist:

$$P = 49,5$$

$$n = 6,79$$

$$\log \alpha = 1,3960.$$

Der Unterschied von 0,0149 bei dem  $\log \alpha$  ist zu unbedeutend, als daß er in Beachtung gezogen werden dürfte. Derselbe Magnet wurde nun wieder aus einander gelegt und drei Lamellen davon aufs Neue magnetisirt.

No. 1	wog	10 Loth	und zog	$3\frac{1}{2}$ Pfd.
- 2	-	11	- - -	4 -
- 3	-	10	- - -	$3\frac{3}{4}$ -

Summe der Gewichte 31 Loth. Summe d. Tragkr.  $11\frac{1}{4}$  Pfd.

Bei den einzelnen Schienen ist:

$$P=10,33$$

$$n=11,61$$

$$\log \alpha = 1,4028.$$

Zu einem Magnet vereinigt zogen diese drei Lamellen  $7\frac{3}{4}$  Pfund. Hier ist:

$$P=31$$

$$n=8$$

$$\log \alpha = 1,4001,$$

also eine hinreichend genaue Bestätigung.

Vermittelst des entdeckten Gesetzes sind wir nun im Stande den Magnet einer Prüfung zu unterwerfen. Nicht leicht waren in irgend einem Fach der Physik Angaben unsicherer und zweifelhafter als diejenigen über Magnete, vorzüglich wenn sie eine mehr als gewöhnliche Größe überschritten. Man konnte ihre Tragkraft nie mit zuverlässiger Gewissheit erfahren, noch wußte man, ob dieselbe auch constant sey. Bis jetzt wurden die größeren Magnete nur dadurch zu Stande gebracht, daß man mehrere kleine Lamellen auf einander legte, und da scheint die Summe der Tragkraft der einzelnen Schienen für die Wirkung des Ganzen angenommen worden zu seyn. So wird zum Beispiel einem Magnet aus 17 Lamellen bestehend, der mit der Armirung von Eisen 60 Pfund wiegt, eine Tragkraft von 300 Pfund zugeschrieben. Es bleibt nun zu untersuchen, ob dieses stattfinden könne. Da das Gewicht seiner Armirung unbekannt ist, so wollen wir denselben zu 60 Pfund schwer annehmen, also schwerer als er wirklich ist.

60 Pfund haben daher eine Tragkraft von 300 Pfund. Hier ist:

$$P=1920$$

$$n=5,000$$

$$\log \alpha = 1,793;$$

allein  $\log \alpha$  ist hier viel zu groß. Nun besteht der Magnet aus siebzehn Lamellen, wovon jede 3,53 Pfund wiegt. Sollen nun die siebzehn Lamellen vereinigt 300 Pfund tragen, so muß nach obiger Constante jede einzelne  $45\frac{1}{4}$  Pfund tragen; einen Magnet jedoch von constanter Kraft, welcher  $3\frac{1}{2}$  Pfund wiegt und 45 Pfund trägt, giebt es nicht. Trägt dagegen eine Lamelle das Fünffache ihres eigenen Gewichts, nämlich 17,65 Pfund, so ist die Summe der Tragkraft der einzelnen siebzehn Lamellen allerdings 300 Pfund; allein vereinigt haben sie nur eine Tragkraft von  $116\frac{1}{2}$  Pfund. Man würde dagegen siebzig solcher Lamellen im Gewicht von 247 Pfund nöthig haben, um durch ihre Zusammensetzung einen Magnet von 300 Pfund Tragkraft zu erhalten.

Wir wollen nun zu der Versuchsreihe wieder zurückkehren, und die berechneten Logarithmen von  $\alpha$  einer näheren Prüfung unterwerfen. Die Unterschiede derselben sind nicht sehr groß, und wenn wir bedenken, daß die Magnete zu verschiedenen Zeiten und manche auch von einem andern Materiale gemacht wurden, so ist es gar nicht anders möglich, als daß Differenzen vorkommen müssen. Um nämlich den Unterschied kennen zu lernen, welcher hinsichtlich der Entwicklung des Magnetismus zwischen den verschiedenen Stahlorten stattfindet, wurden über eine beträchtliche Anzahl derselben Versuche angestellt, und die bedeutenden Unterschiede, welche wir bei einerlei Gewicht in der Tragkraft finden, kommen größtentheils von der Beschaffenheit der dazu angewandten Stähle her. Diese ist es jedoch nicht allein; auch die verschiedene Bearbeitung und Behandlung im Feuer hat großen Einfluß, ob der Stahl mehr oder weniger Magnetismus entwickelt. Ja man wird nicht einmal zwei Magnete von gleichem Gewicht aus ein und

demselben Materiale 'verfertigen, welche gleich anfangs genau mit einander übereinstimmten. Bei dem ganz kleinen Magnet von  $\frac{1}{120}$  Loth finden wir die Constante etwas kleiner als sie seyn sollte, allein die bereits angeführten Ursachen, theils die Schwierigkeiten bei so kleinen Magneten alle Bedingungen genau zu erfüllen, wodurch das Maximum der magnetischen Kraft erregt werden kann, sind der Grund davon. So kleine Magnete, die nur zwei Gran wiegen, sind schwierig zu behandeln und anzufassen, und man kommt in Gefahr sie leicht aus dem Gesichte zu verlieren; ausserdem erfordert ihre Verfertigung, wenn sie nicht mißrathen sollen, sehr viel Vorsicht und Aufmerksamkeit. Noch kleinere Magnete, z. B. 1 Gran schwer, wollten mir bisher nicht gelingen.

Was die Form anbelangt, so hat dieselbe, wenn sie nicht allzusehr von der gewöhnlichen abweicht, keinen Einfluß. Es ist gleichgültig, ob der Querschnitt der Schenkel quadratisch, oder zwei bis drei Mal so breit als dick ist, ob sie etwas länger oder kürzer, und ob sie etwas näher oder entfernter von einander sind. In gewissen Gränzen, wo das angeführte Gesetz und das Maximum der Kraft stattfindet, ist die Form oder das Verhältniß des Querschnitts allerdings eingeschlossen; wo dieselben jedoch aufhören habe ich noch nicht ermittelt, weil sonst die Versuche in's Unendliche hätten vervielfältigt werden müssen. Unter allen berechneten Magneten ist nicht einer, es müßte denn zufällig seyn, dessen Form einer der andern vollkommen gleich wäre. Die Schenkel des 150 Pfund tragenden Magnets sind 31 Zoll lang, 28 Linien breit und 13 Linien dick, und sind im Lichten  $6\frac{1}{2}$  Zoll von einander entfernt; die Schenkel des 100 Pfund tragenden Magnets sind 18 Zoll lang, 26 Linien breit, 11 Linien dick, und sind im Lichten 6 Zoll von einander entfernt. Die Verfertigung so großer Magnete aus einem Stück unterliegt jedoch sehr vielen Schwierigkeiten, und ist sehr mühsam, zeitraubend und kost-



spielig. Um nun den Werth und die Güte eines Magnets beurtheilen zu können, so habe ich beifolgende Tafel berechnet. Hiebei wurde  $\log a = 1,600$  zum Grund gelegt, wie derselbe durch die Versuche gefunden wurde. Ein Magnet, dessen Tragkraft nicht die in der Tabelle angezeigte erreicht, kann daher keineswegs unter die besseren gerechnet werden.

Um die folgende Tabelle für Magnete, deren Gewicht in Kilogrammen angegeben ist, benutzen zu können, darf man nur die Kilogrammen mit 1,786 multipliciren und das Product bei dem Gewicht der Magnete aufsuchen; das dabei bemerkte Tragverhältniß ist dann dasjenige für den in Kilogrammen angegebenen Magneten:

Tabelle der Tragkraft verschiedener Magnete,  $\log a = 1,600$ .

Verhältniß der Tragkraft.	Gewicht.	Tragkraft.	
		3 Pfund	4 Loth
25,07	4 Loth		
21,90	6 -	4 -	3 -
19,90	8 -	4 -	31 -
17,38	12 -	6 -	16 -
15,79	$\frac{1}{2}$ Pfund	7 -	28 -
13,80	$\frac{3}{4}$ -	10 -	11 -
12,54	1 -	12 -	17 -
11,64	$1\frac{1}{4}$ -	14 -	17 -
10,95	$1\frac{1}{2}$ -	16 -	13 -
10,40	$1\frac{3}{4}$ -	18 -	6 -
9,954	2 -	19 -	28 -
9,238	$2\frac{1}{2}$ -	23 -	2 -
8,639	3 -	26 -	2 -
8,258	$3\frac{1}{2}$ -	28 -	28 -
7,899	4 -	31 -	19 -
7,594	$4\frac{1}{2}$ -	34 -	5 -
7,338	5 -	36 -	22 -
6,900	6 -	41 -	12 -
6,555	7 -	45 -	28 -
6,269	8 -	50 -	4 -

Verhältniß der Tragkraft.	Gewicht.	Tragkraft.	
6,028	9 Pfund	54 Pfund	7 Loth
5,819	10 -	58 -	6 -
5,637	11 -	62 -	-
5,476	12 -	65 -	22 -
5,202	14 -	72 -	26 -
4,976	16 -	79 -	19 -
4,784	18 -	86 -	3 -
4,619	20 -	92 -	12 -
4,475	22 -	98 -	13 -
4,288	25 -	107 -	6 -
4,129	28 -	115 -	20 -
4,035	30 -	121 -	1 -
3,949	32 -	126 -	11 -
3,833	35 -	134 -	5 -
3,666	40 -	146 -	18 -
3,525	45 -	158 -	19 -
3,403	50 -	170 -	5 -
3,202	60 -	192 -	5 -
2,973	75 -	222 -	31 -
2,701	100 -	270 -	3 -
1,254	1000 -	1253 -	24 -
1,000	1972 -	1972 -	-

Folgende Berechnung zeigt, wie eine kleine Aenderung im Werthe von  $\alpha$  große Unterschiede in den, dem Tragverhältniß 1 entsprechenden Massen nach sich zieht:

$\text{Log } \alpha = 1,650$	Gewicht	2753 Pfd.	Verhältn. d. Tragkr.	1
- $\alpha = 1,700$	-	3934	-	1
- $\alpha = 1,750$	-	5560	-	1
- $\alpha = 1,800$	-	7800	-	1

Es wurde bereits früher schon erwähnt, welche Vorsicht man anwenden muß, um einen Magnet immer bei gleicher Kraft zu erhalten. Allein die Versuche selbst erfordern nicht minder große Sorgfalt und Aufmerksamkeit, vorzüglich wenn man die Tragkraft eines Magnets

der Wahrheit möglichst nahe bringen will. Hier ist unumgänglich nothwendig, daß der Magnet senkrecht aufgehangen sey, und daß die Flächen seiner beiden Pole mit der Horizontalebene parallel laufen. Die Last muß genau in seiner Mitte angebracht seyn, und er darf sich dabei nicht um das Geringste verrücken. Dieses sind jedoch, wenn ein Magnet 50 oder 100 Pfund trägt, Bedingungen, welche nicht so leicht zu erfüllen sind, und auch bei einer geeigneten Vorrichtung viele Uebung erfordern. Hiebei kann man aber den Magnet sehr genau abaichen, so daß nur ein ganz kleiner Kraftüberschuß, bei 100 Pfund Last ungefähr  $\frac{1}{4}$  bis 1 Pfund, übrig bleibt. In diesem Fall ist es interessant zu sehen, mit welcher Leichtigkeit man den Anker samt der anhängenden Last an den Polebenen hin und her bewegen kann. Will man einen Magnet genau abaichen, so darf man nicht die ganze Last auf einmal, sondern nur theilweise nach und nach an denselben anhängen. Anfangs davon  $\frac{1}{2}$ , dann  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{8}$  und  $\frac{1}{16}$ . Insbesondere muß dieses Verfahren bei ganz kleinen Magneten beobachtet werden. Ein Magnet muß seine Last mit einem Kraftüberschuß von 5 bis 6 Proc. der Last tragen, weil sie sonst bei dem kleinsten Fehler nicht haften oder bei der geringsten Erschütterung sogleich abfallen würde. Sind jedoch alle vorgeschriebenen Bedingungen genau erfüllt, und hat man ihn auf die angegebene Art belastet, so kann man successive in kleinen Theilen noch so viel Gewicht zulegen, bis der Anker abreißt, und alsdann die Gränze seiner Kraft genau bestimmen. Durch öftere Wiederholung kommt man hierin der Wahrheit sehr nahe. Eine einzige Vernachlässigung der angegebenen Vorschriften, verursacht jedoch die größten Abweichungen und vereitelt alle genauen Versuche, und wir erschen daraus, welches subtiles und empfindliches Object der Magnet ist.

## II. Versuche über die Schwingungsdauer geradliniger Magnetstäbe.

Aus dem Vorhergehenden haben wir das Gesetz der magnetischen Tragkraft hufeisenförmig gebogener Stäbe kennen gelernt. Es bleibt nun zu untersuchen übrig, welches Gesetz die Schwingungsdauer magnetischer Stäbe befolgt. Wir wollen daher von dem Einfachen zu dem Zusammengesetzten übergehen. Es wurden folgende sieben Stäbe magnetisirt und ihre Schwingungsdauer beobachtet. Sie waren alle gleich lang und breit. Die Länge derselben betrug  $16\frac{1}{2}$  franz. Zolle, ihre Breite 11 Linien und ihre Dicke zwischen 3 und  $3\frac{1}{2}$  Linien. Das Gewicht ist baierisches:

No.	1	wog	34 Loth	Schwingungsdauer	19,60	Secund.
-	2	-	$35\frac{1}{4}$	-	-	19,90
-	3	-	$28\frac{3}{4}$	-	-	18,49
-	4	-	31	-	-	19,39
-	5	-	35	-	-	20,56
-	6	-	$33\frac{1}{2}$	-	-	20,23
-	7	-	$31\frac{1}{4}$	-	-	19,54

Untersuchen wir vorerst die magnetische Kraft dieser Stäbe, so finden wir sie sehr gering. Dieselben wurden zu dem Endzweck verfertigt, um eine gewisse Stahlsorte hinsichtlich der Annahme des Magnetismus zu prüfen. Dieselbe hat sich jedoch hiezu sehr ungeeignet befunden, daher sie auch bei Seite gelegt wurden. Da es jedoch bei diesen Versuchen nicht sowohl auf Stärke, sondern nur auf das Verhältniß ihrer Wirkung ankam, so konnte doch ein Gebrauch von ihnen gemacht werden. Es wurden nun die vier ersten Stäbe, einer nach dem andern, auf einander gelegt, und jedesmal ihre Schwingungsdauer beobachtet, und hernach wurden die drei letzteren mit den vier ersteren vereinigt. Die Schwingungsdauer der vereinigten Stäbe war folgende:

No.

No. 1.	34 Loth;	Schwingungsdauer	19,60 Sec.
- 2.	35 $\frac{1}{4}$ -	- - -	19,90 -
<hr/>			
	69 $\frac{1}{4}$ Loth;	Schwingungsdauer	25,12 Sec.
No. 3.	28 $\frac{3}{4}$ -	- - -	18,49 -
<hr/>			
	98 Loth;	Schwingungsdauer	28,18 Sec.
No. 4.	31 -	- - -	19,39 -
<hr/>			
	129 Loth;	Schwingungsdauer	31,23 Sec.
No. 5.	35 -	- - -	20,56 -
- 6.	33 $\frac{1}{4}$ -	- - -	20,23 -
- 7.	31 $\frac{1}{4}$ -	- - -	19,54 -
<hr/>			
	228 $\frac{3}{4}$ Loth;	Schwingungsdauer	39,40 Sec.

Aus diesen ersten Versuchen geht hervor, daß sich in Stäben von gleicher Länge und Breite die Schwingungsdauer verhält wie die Kubikwurzeln der Massen oder der Gewichte. Berechnet man nämlich diesem Gesetze gemäß die Schwingungsdauer, so erhält man für die Verbindung

von No. 1. 2.	24,88 Sec.
- No. 1. 2. 3.	27,88 -
- No. 1. 2. 3. 4.	30,72 -
- allen 7 Stäben	37,64 -

Da diese Stäbe nicht alle gleiche magnetische Kraft besitzen, so wurde für jeden Versuch das mittlere Gewicht eines Stabes, so wie dessen mittlere Schwingungsdauer gesucht, und letztere mit den Kubikwurzeln der Massen oder der Gewichte verglichen; auf diese Art wurden folgende Proportionen erhalten für die Verbindung

	Loth.		Loth.	Sec.	Sec.
von No. 1. 2.	$\sqrt[3]{34,62}$	:	$\sqrt[3]{69,25}$	=	19,50 : 24,88
	Loth.		Loth.	Min.	Min.
von allen 6 Stäben	$\sqrt[3]{32,68}$	:	$\sqrt[3]{228,75}$	=	19,67 : 37,64

welche Art der Berechnung auch auf die folgenden Stäbe angewandt wurde.

Von diesen sieben Stäben wurden wieder sechs magnetisirt; ihre Schwingungsdauer war folgende:

No. 1.	35 Loth;	Schwingungsdauer	22,31 Sec.
- 2.	$33\frac{1}{4}$ -	- -	20,77 -
- 3.	31 -	- -	19,23 -
- 4.	$35\frac{1}{4}$ -	- -	19,20 -
- 5.	$28\frac{3}{4}$ -	- -	18 -
- 6.	$31\frac{1}{4}$ -	- -	18,46 -

---

194 $\frac{3}{4}$  Loth; Schwingungsdauer 36,62 Sec.

Als diese sechs Stäbe sämmtlich auf einander gelegt wurden, war ihre Schwingungsdauer 36,62 Sec.  
durch die Rechnung erhält man 35,71 -

Obige sechs Stäbe wurden neuerdings magnetisirt; ihre Schwingungsdauer war wie folgt:

No. 1.	$31\frac{1}{4}$ Loth;	Schwingungsdauer	17,38 Sec.
- 2.	35 -	- -	22,15 -
- 3.	$33\frac{1}{2}$ -	- -	19,84 -
- 4.	31 -	- -	18,92 -
- 5.	$28\frac{3}{4}$ -	- -	17,62 -
- 6.	$35\frac{1}{4}$ -	- -	18,08 -

Hierauf wurden zwei Stäbe neben einander und die vier übrigen darauf gelegt;

wurden No. 1 und 2 neben einander gelegt,  
so erhielt man eine Schwingungsdauer von 25,23 Sec.

wurden nun No. 3 und 4 darauf gelegt, so  
war die Schwingungsdauer 31,81 -

wurden nun noch No. 5 und 6 darauf gelegt,  
so war die Schwingungsdauer 36,19 -

Die Rechnung giebt eine Schwingungsdauer

für No. 1. 2. von 24,92 Sec.

- - 1. 2. 3. 4 - 31,07 -

- alle 6 Stäbe - 34,52 -

Die nämlichen sechs Stäbe wurden wiederum magnetisirt, ihre Schwingungsdauer war folgende:

No. 1.  $35\frac{1}{4}$  Loth; Schwingungsdauer 18,46 Sec.

- 2.  $33\frac{1}{4}$  - - - 20,07 -

- 3. 35 - - - 22 -

- 4.  $31\frac{1}{4}$  - - - 17,84 -

- 5.  $28\frac{3}{4}$  - - - 18,15 -

- 6. 31 - - - 18,92 -

Darauf wurden drei Stäbe neben einander, und die drei übrigen darauf gelegt;

wurden No. 1. 2. 3 neben einander gelegt, so

erhielt man eine Schwingungsdauer von 28 Sec.

wurden nun No. 4. 5. 6 darauf gelegt, so

war die Schwingungsdauer 35,38 -

Durch die Rechnung erhält man eine Schwingungsdauer

für No. 1. 2. 3 von 29,11 Sec.

- alle 6 Stäbe - 34,96 -

Dieselben sechs Stäbe wurden abermals magnetisirt; ihre Schwingungsdauer war folgende:

No. 1. 35 Loth; Schwingungsdauer 22 Sec.

- 2.  $33\frac{1}{4}$  - - - 20,46 -

- 3. 31 - - - 18,92 -

- 4.  $35\frac{1}{4}$  - - - 18,96 -

- 5.  $28\frac{3}{4}$  - - - 17,80 -

- 6.  $31\frac{1}{4}$  - - - 17,84 -

Darauf wurden alle sechs Stäbe neben einander gelegt;

wurden No. 1. 2. 3. 4 neben einander gelegt,

so erhielt man eine Schwingungsdauer von 30,61 Sec.

wurden nun noch No. 5 und 6 neben daran

gelegt, so war die Schwingungsdauer 33,46 -

Die Rechnung ergibt eine Schwingungsdauer

für No. 1. 2. 3. 4 von 31,88 Sec.

- alle 6 Stäbe - 35,12 -

Hier ist zu bemerken, daß die Stäbe durch das Schleifen etwas uneben wurden, daher sie sich bei dem Aufeinanderlegen nicht überall genau berührten, daher auch nicht vollkommen so stark wirkten als wenn sie eine compacte Masse gebildet hätten, wodurch kleine Diffe-

renzen zwischen Beobachtung und Rechnung entstehen müssen. Wir finden jedoch, daß bei der Verschiedenheit und der großen Ungleichheit, welche hier dem Querschnitt gegeben wurde, sich das aufgefundenene Gesetz bei jedem Versuch zu erkennen giebt. Wir erhalten daher bei gleichem Werthe von  $\alpha$  für Stäbe von gleicher Länge, aber ungleichem Querschnitte innerhalb gewisser Gränzen, wenn

$p, P$  die Gewichte oder Massen,  
 $t, T$  die Schwingungsdauer

zweier Magnetstäbe bezeichnen, die Gleichung:

$$\sqrt[3]{p} : \sqrt[3]{P} = t : T.$$

Wir haben nun noch die Schwingungsdauer derjenigen Stäbe von ungleicher Länge und verschiedenem Gewicht, oder ungleichem Querschnitt zu bestimmen. Dies kann jedoch nicht eher geschehen, als bis vorher von Stäben von ungleicher Länge, aber gleichem Querschnitt, das Verhältniß der Schwingungsdauer bekannt ist. Hier stoßen wir aber auf mehr Schwierigkeiten, weil dasselbe nicht so ganz sicher durch die Beobachtung erhalten werden kann. Erstens wegen der unvermeidlichen Fehler, welche sich bei der Beobachtung der Schwingungsdauer so kleiner Stäbe, mit denen man den Anfang machen muß, einschleichen, und zweitens wegen der Abweichungen, — wenn sie auch nur klein seyn sollten, — welche die Ungleichheit ihrer Kräfte verursacht. Denn ihre Vergleichung ist nur unter der Voraussetzung möglich, daß für sie alle die Constante ein und denselben Werth hat, eine Bedingung, welche genau zu erfüllen nicht in unserer Gewalt steht, wie wir schon aus den Versuchen bei der Tragkraft gesehen haben. Wir wollen nun untersuchen, welche Genauigkeit die Versuche gewähren, und wie nahe wir dieselben mit der Rechnung in Uebereinstimmung zu bringen vermögen. Der Anfang wurde damit gemacht, daß die Schwingungsdauer folgender vier



Stäbe von viereckiger Form und von fast gleichem Querschnitt von ungefähr  $4\frac{1}{2}$  Quadratlinien mit einander verglichen wurde. Als

Gewicht	17	37	53	60
Länge, Zoll	3	6	9	12
Schwingungsdauer	3",26	4",62	5",60	6",61

nimmt man hiebei den Stab von 3 Zoll als Maassstab, so ist die Schwingungsdauer den Quadratwurzeln der Länge proportional; denn nur unter dieser Annahme erhält man durch die Rechnung für die Schwingungsdauer des zweiten, dritten und vierten Stabes:

$$4",61 \quad 5",64 \quad \text{und} \quad 6",52,$$

und die dabei stattfindenden Unterschiede sprechen nicht gegen das aufgestellte Gesetz. Wir haben daher bei gleicher Constante innerhalb den Gränzen der Beobachtung, wenn

$l, L$  die Längen

$t, T$  die Schwingungsdauer

zweier Stäbe von verschiedener Länge, aber gleichem Querschnitt, bezeichnen den Ausdruck:

$$\sqrt{l} : \sqrt{L} = t : T,$$

aber genau genommen finden wir, dafs der Querschnitt dieser vier Stäbe nicht vollkommen gleich ist, indem derjenige von 6 und 9 Zoll etwas schwerer, derjenige von 12 Zoll etwas leichter ist, und die berechnete Schwingungsdauer wird daher eine Abänderung erleiden. Um nun dieses bewerkstelligen zu können, und einen allgemeinen Ausdruck für Stäbe von verschiedener Länge und verschiedenem Gewicht zu erhalten, dient die bereits gefundene Formel:

$$\sqrt[3]{p} : \sqrt[3]{P} = t : T,$$

welche für Stäbe von gleicher Länge und ungleichem Querschnitt gilt. Vermittelst dieser beiden Proportionen gelangen wir zu der folgenden, welche für Stäbe von ungleicher Länge und verschiedenem Gewicht oder ungleichem Querschnitt gültig ist, nämlich:

$$\sqrt[3]{l} \sqrt[3]{\frac{p}{l}} : \sqrt[3]{L} \sqrt[3]{\frac{P}{L}} = t : T \dots (I)$$

Sind nämlich die Längen zweier Magnetstäbe  $l$  und  $L$ , ihre Gewichte  $p$  und  $P$ , und ihre Schwingungsdauer  $t$  und  $T$ , und denkt man sich einen dritten Magnet, dessen Länge  $l$  und dessen Gewicht  $\frac{lP}{L}$  ist, so daß er mit dem, dessen Gewicht  $P$  ist, einerlei Querschnitt hat, und dessen Schwingungsdauer  $t'$  ist, so hat man nach der vorstehenden Proportion:

$$\sqrt[3]{p} : \sqrt[3]{\frac{lP}{L}} = t : t'$$

und nach der vorhin gefundenen:

$$\sqrt[3]{l} : \sqrt[3]{L} = t' : T,$$

aus welchen beiden Proportionen sich die hier stehende Fundamentalgleichung sogleich ergibt.

Nach dieser Formel wurde nun die Schwingungsdauer folgender dreizehn Stäbe berechnet. Hierbei ist das Gewicht in sechzehn Theilen eines bairischen Lothes und die Länge im französischen Maafs angegeben. Als Maafs wurde der Stab von 3 Zoll Länge gebraucht, und die Rechnung auf denselben bezogen.

Zur Erleichterung der Rechnung wurde die Proportion (I) in folgende Gleichung umgestaltet:

$$\sqrt[3]{\frac{P}{p}} \times \sqrt[3]{\frac{L}{l}} \times t = T \dots (II)$$

Länge.	Gewicht.	Form.	Schwingungsdauer. Beobachtet.	Schwingungsdauer. Berechnet.
3 Zoll	17	□ $2\frac{1}{8}$ Lin. dick	3,26 Sec.	3,26 Sec.
4 -	20	□ $2\frac{1}{8}$ - -	3,70 -	3,60 -
4 -	17	flach, 1 Lin. dick	3,54 -	3,42 -
6 -	37	□ $2\frac{1}{8}$ Lin. dick	4,62 -	4,74 -
9 -	53	□ $2\frac{1}{8}$ - -	5,60 -	5,71 -
9 -	136	□ $3\frac{3}{8}$ - -	8,23 -	7,83 -

Länge.	Gewicht.	Form.	Schwingungs- dauer. Beobachtet.	Schwingungs- dauer. Berechnet.
10 Zoll	56	□ $2\frac{1}{8}$ Lin. dick	5,96 Sec.	5,92 Sec.
12 -	60	□ $2\frac{1}{8}$ - -	6,61 -	6,25 -
12 -	176	□ $3\frac{7}{8}$ - -	9,23 -	8,95 -
10 -	520	□ $7\frac{1}{8}$ - -	14 -	12,45 -
15 -	928	□ $7\frac{3}{4}$ - -	16,50 -	16,17 -
$22\frac{1}{2}$ -	1536	□ 8 - -	21,43 -	20,47 -
$22\frac{1}{2}$ -	1648	16" breit 5" dick	21,23 -	20,96 -

Ueberblicken wir nun diese Versuchsreihe, so zeigt sich, daß die Formel die Erscheinungen sehr gut darstellt. Denn beachten wir, daß, da der dreizöllige Stab absichtlich als Maafs gewählt wurde, um die Abweichungen möglichst sichtbar zu machen, ein kleiner Fehler hierbei auf die Berechnung der gröfseren Stäbe einen grofsen Einflufs äufsert, so sind dieselben doch in solche Gränzen eingeschlossen, daß wir sie eher in der materiellen Verschiedenheit der Stäbe als in der Nichtbefolgung des Gesetzes zu suchen haben. Es liegt übrigens in der Natur der Sache, daß die hier aufgestellten Proportionen nur innerhalb gewisser Gränzen, wo der Magnetismus mit dem Maximum seiner Kraft hervortritt, also bei einem gewissen Verhältnifs des Querschnitts zur Länge, ihre Gültigkeit haben. Diese Gränzen scheinen jedoch, wie wir bereits hier und bei den Versuchen über die Tragkraft gesehen haben, nicht sehr eng gezogen zu seyn. Entfernt man sich jedoch viel weiter davon, so vermindert sich die Wirkung des Magnetismus, wie folgende Versuche zu erkennen geben; hierbei ist das Gewicht ebenfalls in sechszehn Theilen eines bairischen Lothes angegeben:

Länge.	Gewicht.	Form.	Schwingungsdauer.
1 Zoll	5	□ $2\frac{1}{8}$ Lin. dick	3,03 Sec.
24 -	128	□ $2\frac{1}{8}$ - -	14,51 -
24 -	336	□ $3\frac{1}{2}$ - -	16,12 -
72 -	376	□ $2\frac{1}{8}$ - -	hatte Wendepunkte.

Als jedoch ein Magnetstäbchen von 1 Zoll Länge mit einem Querschnitt von einer Quadratlinie und  $\frac{5}{64}$  Loth Gewicht verfertigt wurde, so war dessen Schwingungsdauer 1,23 Sec., also nur 0,09 Sec. länger als die Rechnung angiebt.

Aus dem Angeführten ist leicht erklärlich, warum hohle Cylinder schneller schwingen als massive. Der Unterschied ihrer Schwingungsdauer ist nämlich bei gleicher Länge den Kubikwurzeln ihrer Massen proportional, wie folgender Versuch beweist. Es wurde ein Cylinder von  $7\frac{1}{3}$  Lin. Durchmesser und 82 Lin. Länge so weit ausgebohrt, daß die Höhlung desselben  $5\frac{1}{3}$  Lin. im Durchmesser, mithin die Breite des Stahlringes 1 Linie betrug. Das Gewicht des Cylinders war  $7\frac{5}{16}$  Loth, und er hatte, magnetisirt, eine Schwingungsdauer von 7",35. Wird nun die Rechnung auf den dreizölligen Stab von 3",26 Schwingungsdauer bezogen und nach der Gleichung (II) berechnet, nämlich:

$\sqrt[3]{\frac{117}{17}} \times \sqrt[6]{\frac{82}{36}} \times 3",26 =$  der gesuchten Schwingungsdauer, so erhält man eine Schwingungsdauer von 7",11.

Aus der Gleichung (II) erhalten wir folgende:

$$c = \frac{t}{\sqrt[3]{p} \cdot \sqrt[6]{l}}$$

wo  $c$  eine constante GröÙe vorstellt, welche die Schwingungsdauer eines Stabes von der Gewichts- und Längeneinheit bedeutet. Es kann daher ein Stab seinen Querschnitt und seine Länge, freilich nur innerhalb gewisser Gränzen, verändern, ohne daß dadurch seine Schwingungsdauer eine Abänderung erleidet. Auch ergibt sich daraus, daß die Wirkung der magnetischen Stäbe mit ihrer Masse und Länge bei gleicher Constante zunimmt. Die Kraft wächst nämlich wie der Quadrat der dritten Wurzel der Masse, multiplicirt mit der Kubikwurzel der Länge.

Wir sind durch obige Formeln in den Stand gesetzt die Kräfte magnetischer Stäbe unter einander vergleichen zu können. So ist in den Resultaten des magnetischen Vereins, Jahrgang 1836, die Schwingungsdauer eines Magnetstabes von 101 Millimeter Länge

142 Grammen Gewicht

auf 6",67 angegeben. Ich wünschte nun zu wissen, wie nahe dieses mit meinen Versuchen übereinstimmt. Setzt man nun

600 Millimeter = 266 $\frac{2}{3}$  franz. Linien

560 Grammen = 32 baiersch. Lothen,

so ist das Gewicht des Stabes 8 $\frac{1}{8}$  Loth

und seine Länge 45 Linien

Nimmt man nun den dreizölligen Stab von 3",26 zum Maafs, so giebt die Rechnung eine Schwingungsdauer für obigen Stab von 6",665

Da jedoch die Intensität des Erdmagnetismus in Göttingen etwas gröfser als in Nürnberg ist, so würde dieses Stäbchen hier etwas langsamer schwingen. Genau kann man die Kräfte der magnetischen Stäbe nur dann vergleichen, wenn man ihre Schwingungsdauer für ein und denselben Ort kennt.

So einfach sich obige Gesetze des Magnetismus aussprechen, so schwierig war es dieselben aufzufinden. Es mußten sehr viele Versuche angestellt werden, wozu über 1000 Pfund Stahl verarbeitet wurden, um jene Uebersichtlichkeit der Werthe zu erhalten, durch welche es möglich wurde, die Erscheinungen unter die Einheit des Gesetzes zu bringen.

---

## II. *Ueber Volkmann's Richtungslinien des Sehens und über die Ursache des Undeutlichsehens aufserhalb der Augenaxe;*

*von Wilhelm Stamm, Dr. medic.,*

pract. Ärzte zu Gernsheim am Rhein

Die Gröfse und den Stand des Netzhautbildes im Verhältnifs zur Gröfse, Entfernung und Lage des Gegenstandes im Sehfelde für jedes Auge zu kennen, wäre, als ein Bestandtheil der Lehre vom Sehen, an sich schon wünschenswerth; werthvoller aber würde die Lösung dieses Problems noch dadurch, dafs sie zu weiterem wissenschaftlichen Gewinne führen, dafs namentlich, wenn man die mikroskopischen Untersuchungen der Retina zu Hülfe nähme, sich manches Licht über die Functionen derselben verbreiten würde. Die Berechnung kann uns nie diesen Wunsch befriedigen, da wir niemals weder die Dimensionen noch die Gröfsen der strahlenbrechenden Kräfte des lebendigen Auges erfahren können.

Es haben die Schriftsteller, welche die Lehre vom Sehen behandelten, sich viele Mühe gegeben, Gröfse und Stand der Netzhautbilder zu bestimmen. Ihre Versuche scheiterten. In der neueren Zeit hat Volkmann eine Methode angegeben, die gleichen Zweck hat. Meines Wissens ist dieselbe noch keiner gründlichen oder, — um den trefflichen Arbeiten von Treviranus nicht zu nahe zu treten, — besser gesagt: unbefangenen Prüfung unterworfen worden. Ich habe sie mir deshalb zur Aufgabe gemacht.

Man kann sich von den einzelnen Punkten des Netzhautbildes zu den entsprechenden Punkten des Objectes gerade Linien gezogen denken. Volkmann nannte diese Linien „*Richtungslinien des Sehens*“, und zwar aus dem

Grunde, weil er voraussetzte, daß wir in der Richtung dieser Linien die Objecte sähen. Allerdings besitzen wir das Vermögen, unsere Gesichterscheinungen nach aufsen zu versetzen, und unser Tastgefühl überzeugt uns, daß die gesehenen Gegenstände sich ungefähr an den Stellen unseres Sehfeldes, so wie in der relativen Lage zu einander befinden, wo wir sie, vermöge unserer Eigenschaft des nach Aufsensetzens der Gesichterscheinungen, als befindlich uns gedacht haben. Es kann hier ganz unerörtert bleiben, worauf sich jene Eigenschaft wohl gründen möchte, denn diese Erörterungen gehören nicht hierher, sie sind vielmehr Aufgabe der Psychologie. Allein das Mittel, mit Hülfe dessen wir die Richtung eines gesehenen Gegenstandes zu unserem Auge, oder, mit anderen Worten, dessen Platz im Sehfelde bestimmen, muß erkannt werden. Man hat behauptet, daß wir die Objecte in der Richtung eines gewissen, von ihnen ausgegangenen Strahls sähen. Daß diese Behauptung wahr ist, werden wir unten sehen; allein dieser Strahl ist keineswegs das Mittel, mit Hülfe dessen wir die Richtung der Objecte bestimmen, denn es kann seyn, daß er gar nicht zur Retina, ja nicht einmal zur Hornhaut gelange, und dennoch werden wir über die Richtung des gesehenen Objectes nicht in Zweifel seyn. Davon weiter unten. Volkmann und Andere haben diesen Strahl den »*Richtungsstrahl*« genannt. Ich werde diese Bezeichnung beibehalten. Da eine bestimmte Stelle der Netzhaut nur von einer bestimmten Stelle des Sehfeldes Lichtstrahlen empfangen kann (unter Sehfeld eine Fläche verstanden, für welche das Auge accommodirt ist), und kein Lichtstrahl, welcher von einer andern Stelle des Sehfeldes ausgeht, auf jene Netzhautstelle fallen kann, so ist es klar, daß, fällt ein Lichtstrahl auf irgend einen Punkt der Retina, mit dessen Perception zugleich die Empfindung des Orts, woher er gekommen, gegeben ist, mag der Lichtstrahl selbst nun in einer Richtung auf die Netz-

haut aufgefallen seyn, in welcher er immerhin wolle. Die Richtung des Sehens hängt hiernach nicht von der Richtung der die Netzhaut afficirenden Lichtstrahlen, sondern von der Lage des afficirten Netzhauttheils ab.

Zwei hinter einander liegende Objecte, welche sich so decken, daß das hintere für das visirende Auge unsichtbar ist, liegen in einer und derselben Richtung des Sehens, d. h. das hintere Object würde, wenn man das vordere entfernte, in derselben Richtung als dieses gesehen werden, und beide Objecte entwerfen ihre Bilder auf derselben Netzhautstelle, vorausgesetzt, daß das Auge sich den verschiedenen Entfernungen beider Objecte accommodiren könne. Volkmann behauptet nun, *daß zwei sich deckende Objecte* (man hat sich hier möglichst kleine Objecte zu denken) *in einer und derselben Richtungslinie liegen.*

Da sämmtliche Richtungslinien, weil das Netzhautbild ein zu den Objecten verkehrtes ist, sich in einem Punkte der Augenaxe durchschneiden müssen, so handelt es sich darum, die Abstände dieses Punktes von der Netzhaut und der Hornhaut zu finden, um alsdann die Größe des Winkels, welchen die Richtungslinien mit der Augenaxe machen, messen zu können. Ist dieser Winkel bekannt, so ergibt sich sehr einfach die Netzhautstelle, auf welche die von einem gewissen Punkte des Sehfeldes ausgehenden Lichtstrahlen treffen müssen, und eben so leicht die Größe des Bildes, welches ein gegebenes Object auf der Netzhaut entwirft.

Volkmann glaubt den Abstand des Durchschneidungspunktes aller Richtungslinien mit der Augenaxe von dem Axenpunkte der vorderen Hornhautfläche für jedes Auge bemessen zu können. Wenn seine Voraussetzung und seine Methode richtig ist, so fehlt nichts mehr als die Kenntniß des Abstandes jenes Augenaxenpunktes, in welchem die Richtungslinien sich kreuzen, von dem Axenpunkte der Retina, um mit der größten Genauigkeit die



Größe und den Standpunkt der Netzhautbilder bestimmen zu können. Diese Kenntniss ist freilich am lebenden Auge nicht zu erlangen, indessen könnten wir davon wegsehen: der Gewinn, welchen uns Volkmann verschafft hätte, wäre dennoch groß, da zur Messung kleiner Netzhautbilder es schon hinreicht jene fehlende Größe durch eine, aus einer Durchschnittsberechnung sich ergebende, zu ergänzen; das Resultat würde sich alsdann nur um ein unendlich Kleines von der Wirklichkeit entfernen. Volkmann hätte uns in den Stand gesetzt, die Netzhautbilder der kleinsten, mit unbewaffnetem Auge noch sichtbaren Gegenstände zu messen. Wie folgenreich, wenn einmal die mikroskopische Anatomie der Retina deren Elementartheile so getreu dargestellt hat, dass kein Zweifel mehr erhoben werden kann.

Doch zur Sache, nämlich zur Prüfung der Volkmann'schen Versuche und Schlüsse. Um Wiederholungen und eine Vermehrung der Zeichnungen zu vermeiden, muss ich den Leser ersuchen, Volkmann's Beiträge zur Physiologie des Gesichtssinnes zur Hand zu nehmen.

Der erste und zweite Versuch Volkmann's (vergl. dessen Beitr. S. 26) sind sich ganz ähnlich, nur gestattet der letztere mehr Genauigkeit, wiewohl auch gegen diesen sich einige Einwendungen machen lassen, deren wichtigste darin besteht, dass vielleicht die Drehscheibe nicht mit der äußersten Sorgfalt gearbeitet war, die nothwendig ist, damit sie sich genau nur um einen einzigen Punkt drehe. Volkmann leitet aus diesen beiden Versuchen nichts weiter ab, als dass es *einen* Punkt im Auge gebe, in welchem alle Richtungslinien sich schneiden müssen, ein Satz, den man auch ohne jene Versuche zugeben müsste.

Der dritte, auf S. 27, und der fünfte, auf S. 28 der Beitr. beschriebene Versuch soll zeigen wie die Bilder zweier, in *eine* Richtungslinie gestellter Flammen in einanderfallen, so dass das kleinere Bild der fernerer

Flamme in dem größeren Bilde der näheren Flamme enthalten ist, und daß diese Bilder bei allen Drehungen des Auges um einen gewissen fixen Drehpunkt nicht auseinanderweichen, während sie sogleich in zwei getrennte Bilder zerfallen, sobald das Auge um einen andern Punkt gedreht wird.

Volkmann nennt die von ihm gesehenen Bilder „*Netzhautbilder*“. Es fragt sich, ob die Flammenbilder, welche er in dem ersten bis fünften Versuche gesehen hat, wirklich immer Netzhautbilder waren? Nach dioptrischen Gesetzen kann nur dann das concentrirte Bild einer Flamme oder eines sonstigen Objectes auf die Netzhaut eines todten Auges fallen, wenn jene in eine bestimmte Entfernung von dem Auge gestellt ist. Eine sogenannte Accommodation, — sie mag nun bestehen worin immerhin, — kann im todten Auge nicht stattfinden. Volkmann sagt aber nirgends, daß er diejenige Entfernung, in welcher eine vor das von ihm benutzte Kaninchenaugestellte Kerzenflamme ein concentrirtes Bild auf dessen Netzhaut entwirft, aufgefunden habe. Hat V. diese Entfernung weder absichtlich noch zufällig getroffen, so hat er in seinen Versuchen entweder unreine Netzhautbilder, — sogenannte Zerstreuungsbilder, — oder er hat reine, aber keine Netzhaut-Bilder gesehen. Ich werde die Umstände näher bezeichnen, unter welchen er bald die einen, bald die andern gesehen haben kann.

Auf Taf. III Fig. 1 sey  $A$  der Querschnitt des Kaninchenauges,  $BB'$  der Querschnitt einer in so weiter Entfernung von dem Auge befindlichen Lichtflamme, daß deren concentrirtes Bild  $bb'$  noch vor die Netzhaut in den Glaskörper fällt; — auf jene fällt also ein Zerstreuungsbild. Der Punkt  $B$  der Flamme sendet einen Strahlenkegel  $kBl$  zum Auge, der, durch die Pupille gehend, im Punkte  $b$  sich wieder vereint. Von da aus weichen die Strahlen wieder auseinander; durch die durchsichtige Netzhaut und Aderhaut dringend divergiren sie

nun, weil sie in ein viel dünneres Medium, die Luft, eintreten, noch weit mehr als auf ihrem Wege von  $b$  bis zur äusseren Oberfläche des Auges, so dass der Strahl  $Blb$  nach  $\beta$  und der Strahl  $Bkb$  nach  $o$  hingelenkt wird. In eben derselben Weise wendet sich der Strahl  $B'kb'$  nach  $\beta'$  und der Strahl  $B'lb'$  nach  $o'$ . Wenn die beiden Strahlen  $bo$  und  $b'o'$  in das Auge eines Beobachters fallen können, so wird das ganze concentrirte Flammenbild von demselben gesehen. Der blofse Anblick der Fig. 2 Taf. III belehrt schon, ohne weitere Erklärung, wie das concentrirte Bild eines zu nahen Gegenstandes hinter die Sclerotica fallen muss, und welche Strahlen von demselben zu dem in  $oo'$  befindlichen visirenden Auge gelangen können.

Magendie hat ebenfalls Bilder, welche in dem Auge des weissen Kaninchens von äusseren Gegenständen entworfen werden, durch die durchsichtige hintere Wand dieses Auges hindurch beobachtet, und er bemerkt: »Wenn man die Gröfse des Bildes durch die Entfernung oder Annäherung des Objectes verändert, so sieht man nie einen Unterschied in seiner Schärfe«. (Vergl. Magend. Physiol., übers. von Heusinger, I. S. 56.) Diese Beobachtung bestätigt, dass man die concentrirten Bilder, sie mögen nun in den Glaskörper, oder die Netzhaut, oder, — bei zu grofser Nähe des Gegenstandes, — hinter die Sclerotica fallen, immer sehen wird, sobald man nur seinem Auge eine passende Stellung giebt. Wenn dagegen das visirende Auge eine ungeeignete Stellung hat, so wird es das scharfe Bild entweder nur theilweise oder gar nicht sehen. Nehmen wir an, das Auge befände sich zwischen  $\beta$  und  $\alpha$  in der Fig. 2 Taf. III. Alsdann können nur von dem Theile des Objectes  $BB'$ , welcher zwischen  $B$  und  $\alpha$  liegt, Lichtstrahlen zum Auge des Beobachters dringen, und dieser sieht auch nur den entsprechenden Theil des Bildes  $bb'$ , nicht das ganze Bild. Wenn das Auge des Beobachters sich aufserhalb des, zwischen den beiden Linien  $b\beta$  und

$b'\beta'$  (Fig. 2 Taf. III) gelegenen Raums befinden sollte, so sieht er von dem scharfen Bilde gar nichts mehr, weil von demselben gar kein Lichtstrahl mehr in sein Auge dringt. Wohl aber sieht der Beobachter auch bei der letzteren Stellung seines Auges die von der Flamme beleuchtete Stelle der Wandung des Kaninchenauges. Darnämlich diese minder durchsichtig ist als die sie umgebenden Medien, der Glaskörper und die äußere Luft, so reflectirt sie einen Theil der auf sie fallenden Strahlen und erscheint mit transparenter Beleuchtung.

Die Fig. 3 Taf. III zeigt zwei Segmente des Querdurchschnitts eines und desselben Auges, die jedoch nicht auf einander passen, weil ihre Mittelpunkte auseinanderstehen. Bei  $c$  ist der Mittelpunkt des mit  $A$  und bei  $c'$  der Mittelpunkt des mit  $A'$  bezeichneten Segmentes. Die Hornhautkrümmung  $hh'$  gehört dem Segmente  $A$  und die Hornhautkrümmung  $h'h''$  dem Segmente  $A'$  an. Beide Krümmungen bilden den Abschnitt eines Kreises, der seinen Mittelpunkt in  $r$  hat. Das Verständniß der Figur ist hiernach leicht. Denke man sich das Segment  $A$  um den Punkt  $r$  sich drehend und die Drehung den Winkel  $crc'$  beschreibend, so wird sein ergänzendes Kreissegment die Stellung einnehmen, welche das Segment  $A'$  hat.  $BB'$  sey der Querdurchschnitt einer Flamme, welche sich in solcher Entfernung vom Auge befindet, daß ihr concentrirtes Licht auf die Netzhaut fällt; es wird also vor der Drehung zwischen  $bb'$  und nach derselben zwischen  $pp'$  zu stehen kommen. Es darf nicht befremden, daß das Bild  $bb'$  weiter von der Hornhaut absteht als das Bild  $pp'$ ; — denn man muß berücksichtigen, daß die Strahlen  $Bm$  und  $Bn$ , welche sich in  $b$  vereinigen, eine größere Vereinigungsweite haben müssen als die weit schiefer auf die Hornhaut auffallenden Strahlen  $Bq$  und  $Bs$ . Der Strahl  $Bnb$  wird, beim Heraustreten aus der Sclerotica vom Ausfallslothe ablenkend, nach  $\beta$  hin, und der Strahl  $B'nb'$  nach  $\beta'$  hin seine Rich-

Rich-

Richtung nehmen. Befindet sich nun bei  $\beta$  und  $\beta'$  das Auge des Beobachters, so, daß jene beiden Strahlen noch in dessen Auge hineinfallen können, so wird von demselben das ganze concentrirte Netzhautbild  $bb'$  gesehen. Die Strahlen des Lichtkegels  $sBq$ , welche sich in  $p$  vereinigen, werden, wenn sie aus dem Auge in die Luft hinaustreten, zerstreut und so abgelenkt, daß sie in dem Lichtkegel  $qp\pi$  enthalten sind; eben so werden sämtliche von  $B'$  ausgegangene Strahlen in dem Lichtkegel  $q'p'\pi'$  enthalten seyn. Das bei  $\beta\beta'$  befindliche Auge des Beobachters sieht also das Flammenbild gar nicht, es nimmt bloß wahr, daß die zwischen  $pp'$  gelegene Stelle der Augenhaut heller erleuchtet ist als die übrige Augenhaut.

Machen wir nun von dieser Erklärung unsere Anwendung auf die Volkmann'schen Versuche. Ich setze den Fall, Volkmann habe die Kerzenflamme in diejenige Entfernung vom Kaninchenaugē gebracht, in welcher deren concentrirtes Bild genau auf die Netzhautfläche fällt, so mußte, sobald die verlängerte Axe des Kaninchenauges die Lichtflamme und das Diopterloch in ihrer Mitte durchschnitt, das hinter diesem befindliche Auge das ganze Flammenbildchen wahrnehmen. Allein bei der geringsten Drehung des Kaninchenauges mußte schon ein Theil des Bildes unsichtbar werden. In der Fig. 3 Taf. III geschieht die Drehung in der Richtung von  $h$  nach  $h''$ . Bei der allergeringsten Drehung in dieser Richtung wird der Strahl  $B'nb'\beta'$  durch die vorrückende Iris abgeschnitten, und vom Bildpunkte  $b'$  gelangt nun kein Strahl mehr zum Auge des Beobachters. Rückt nun der Rand  $i$  der Iris bei fortgesetzter Drehung so weit vor, daß er auch den Strahl  $Bmb\beta$  abschneidet, so fällt von dem Flammenbilde gar kein Strahl mehr in das Auge des Beobachters; es verschwindet gänzlich dem Blicke, und dafür sieht derselbe nur noch die beleuchtete Augenhautung.

Für die Fig. 4 Taf. III sind die Bezeichnungen dieselben, wie für Fig. 3 Taf. III. Der Gegenstand  $BB'$  befinde sich in zu weiter Entfernung vom Auge. Die Strahlen  $Bm$  und  $Bn$  vereinigen sich deshalb schon im Glaskörper im Punkte  $b$ , und die Strahlen  $B't$  und  $B'u$  in dem Punkte  $b'$ . Zwischen  $bb'$  liegt also das concentrirte Bild von  $BB'$ . Auf die Netzhaut  $A$  fällt ein Zerstreuungsbild  $\pi\pi'$ . Der Strahl  $Bnb$  bekommt, wenn er das Auge verlassen hat, die Richtung nach  $\beta$ , und der Strahl  $B'tb'$  die Richtung nach  $\beta'$ . Fallen diese beiden Strahlen in das Auge des Beobachters, so wird das ganze Bild  $bb'$  gesehen. Nach der Drehung fällt das concentrirte Bild zwischen  $pp'$  und davon auf die Netzhaut  $A'$  ein Zerstreuungsbild, was die zwischen  $\varphi\varphi'$  gelegene Netzhautstelle bedeckt. Kein einziger demselben angehöriger Strahl gelangt zu dem bei  $\beta\beta'$  befindlichen Auge des Beobachters. Also sieht dieser das Bild  $pp'$  nicht, sondern ihm leuchtet nur die Netzhautstelle  $\varphi\varphi'$  entgegen. Die Richtungslinie durchschneidet das Zerstreuungsbild  $\varphi\varphi'$  in  $x$ . Dieser Punkt  $x$  muß aber dem Punkte  $\varphi$  näher liegen als der Punkt  $\varphi'$ . Dies widerspricht der Angabe Volkmann's, welcher bei allen Drehungen des Kaninchenauges das Netzhautbild stets in seiner Mitte von dem in der Richtungslinie befindlichen Haarvisire getheilt gesehen haben will. Das kann aber, wie wir oben gesehen haben, nur seyn, wenn das Object  $BB'$  sich in derjenigen Entfernung befindet, in welcher es sein concentrirtes Bild auf die Netzhautfläche wirft; denn es läßt sich auf ganz ähnliche Weise zeigen, wie das Zerstreuungsbild, welches bei zu großer Nähe des Objectes auf die Netzhaut fällt, ebenfalls bei den Drehungen nicht mehr von der Richtungslinie halbt werden kann. Sollte Volkmann wirklich diese einzige Entfernung bei seinem zweiten Versuche getroffen, ohne sie gesucht zu haben? Ich halte mich nicht für berechtigt, die getreue Darstellung von Volkmann's

Beobachtungen in Zweifel zu ziehen; ich muß also annehmen, daß derselbe bei seinem Versuche die Kerzenflamme wirklich in diejenige Weite von dem ihm zum Versuche dienenden Kaninchenauge gestellt habe, daß sie ein concentrirtes Bild auf die Netzhaut werfen konnte. Ich will diese Weite der Kürze wegen *Netzhautweite* nennen. Da nun bei allen Drehungen des Auges die beleuchtete Stelle der Augenwandung stets vom Haarvisire in der Mitte getheilt blieb, so kann Volkmann dieß nur dadurch bewerkstelligt haben, daß er das Auge um den Mittelpunkt der vorderen Hornhautkrümmung drehte, so wie dieß meine dritte und vierte Figur darstellt.

In dem dritten Versuche stellte Volkmann zwei Kerzenflammen hinter einander. Von diesen konnte doch nur *eine* sich in der Netzhautweite befinden. Es sind nun drei Fälle möglich. Der erste Fall: Die nähere Flamme befand sich in der Netzhautweite. Vor der Drehung mußte Volkmann beide Bilder deutlich sehen, und so gestellt, daß das kleinere Bild der ferneren Flamme genau in der Mitte des großen Bildes der näheren Flamme lag. Bei der Drehung des Auges mußten beide Bilder verschwinden, und es war nur noch die beleuchtete Augenwand zu sehen. Die Beleuchtung mußte da am hellsten seyn, wo das concentrirte und das Zerstreuungsbild sich deckten. In der Fig. 5 Taf. III stellt *AA'* die nähere, in der Netzhautweite sich befindende, *BB'* die fernere Lichtflamme vor. Die Strahlen *Am* und *An* vereinigen sich auf der Netzhautstelle *a* die Strahlen *A'o* und *A'p* in *a'*; die Strahlen *Bq* und *Bs* vereinigen sich im Glaskörper in *b*, und die Strahlen *B't* und *B'u* in *b'*. Diese letzteren Strahlen zerstreuen sich nun wieder und werfen auf die Netzhaut ein zwischen  $\beta$  und  $\beta'$  gelegenes Zerstreuungsbild. Dieses liegt nun allerdings im reinen Bilde *aa'*, aber nicht in dessen Mitte. Volkmann sagt zwar nicht, daß er

es so gesehen, er sagt vielmehr: »drehte ich die Scheibe, so blieb stets das Bild einfach«. Dieser Ausdruck hat indessen nicht Schärfe genug, um hierauf einen Beweis gründen zu können. Ueberhaupt verlor Volkmann die eigentlichen Bilder aus dem Gesichte, sobald er die Drehung vornahm, er sah nachher nichts mehr als die beleuchtete Augenwand, an welcher er höchstens einen verschiedenen Beleuchtungsgrad wahrnehmen konnte, je nachdem sie einfach oder doppelt beleuchtet war.

Der zweite Fall: Die fernere Flamme befand sich in der Netzhautweite. In diesem Falle ist das reine Netzhautbild derselben sehr viel kleiner als das Zerstreuung-Netzhautbild der näheren Flamme; jenes ist vor der Drehung in des letzteren Mitte gestellt, während der Drehung nähert es sich aber der Gräuze des größeren Bildes, und zwar in einer, bei gleicher Richtung der Drehung, dem vorigen Falle entgegengesetzten Richtung.

Der dritte Fall: Keine von beiden Flammen befand sich in der Netzhautweite;

*a)* beide sind zu nahe oder zu ferne. Hier ist das Auseinanderweichen der beiden Netzhautbilder am unbedeutendsten;

*b)* die eine Flamme befand sich zu nahe, die andere zu ferne. Hier ist das Auseinanderweichen beider Netzhautbilder während der Drehung unter allen bezeichneten Fällen am bedeutendsten.

Die Folgerung Volkmann's (Beitr. S. 27): »Diejenigen Objecte, welche in gleichem Richtungsstrahle« (Volkmann gebraucht hier dieses Wort für Richtungslinie) »liegen, erzeugen Ein Netzhautbild, und müssen in der Erscheinung sich decken«, ist also nicht erwiesen.

Ich gehe nun zur Prüfung der folgenden Versuche über. Der achte Versuch leidet an einem Gebrechen. Es ist nämlich schwierig so viele kleine Objecte, wie Stecknadelköpfe sind, mit einem unverwandten Blick



zu übersehen; mir ist es wenigstens unmöglich, die seitlich liegenden so deutlich wahrzunehmen, daß ich mich vergewissern könnte, ob die vorderen Stecknadelköpfe die hinteren wirklich decken. Indessen abgesehen von vielleicht individuell verschiedenen Befähigungen, zieht Volkmann aus diesem und dem folgenden Versuche einen Schluß, welcher auf eine nicht bewiesene Voraussetzung sich gründet. Diese Voraussetzung spricht er in einer Anmerkung auf S. 29 der Beitr. aus, wo er sagt: »Da zwei Körper natürlich nur dann sich decken können, wenn sie in *einem* Sehstrahle« (Volkmann gebraucht dieses Wort für Richtungslinie) »liegen, so beweisen die in vorstehendem Versuche sich deckenden Nadeln, daß  $gg'$ ,  $bb'$ ,  $ff'$  wirklich Sehstrahlen sind.«

Allein es wäre erst zu erweisen: *daß die gerade, zwei sich deckende Objecte verbindende Linie mit den Richtungslinien jener beiden Objecte zusammenfalle.* Volkmann's Versuche am Kaninchenauge haben dieses keineswegs erwiesen, und die Behauptung, daß wir nicht in der Richtung einer, das Netzhautbild und das Object verbindenden, geraden Linie den Gegenstand sehen, sondern in einer von der Richtungslinie abweichenden Richtung, läßt sich aus Volkmann's bis hierher citirten Versuchen nicht widerlegen. Die Linien  $gg'$ ,  $bb'$ ,  $ff'$  (vergl. Volkmann's Beitr. Taf. II Fig. 3) dürfen noch nicht für Richtungslinien, sondern nur für Richtungsstrahlen (nach der oben diesem Worte untergelegten Bedeutung) genommen werden, und es bleibt noch zu erweisen, *ob die Richtungslinie und der Richtungsstrahl irgend eines leuchtenden Punktes im Sehfelde außerhalb dem Auge wirklich in eine Linie zusammenfallen.*

Wenn dieser Beweis erst geführt wäre, dann würde der neunte Versuch (vergl. Volkmann's Beitr. S. 30 folg.) vollkommen geeignet seyn, um den Durchschneidungspunkt sämmtlicher Richtungslinien für jedes Auge

zu finden. Uebrigens läßt dieser neunte Versuch eine weit grössere Genauigkeit zu als der achte Versuch, in welchem entweder die vorderen oder die hinteren Nadeln sich nicht in der deutlichen Sehweite befinden, also auch keine concentrirten Netzhautbilder entwerfen. Es darf zwar auch nicht angenommen werden, daß während der Anstellung des neunten Versuches die Haarvisire in *b* und *c* (vergl. Volk mann's Beitr. Taf. II Fig. 5) sich immer in der richtigen Sehweite befänden. Der Hintergrund der beiden Haare muß ein heller seyn, sonst werden sie durch die Diopter kaum gesehen, namentlich das seitlich in *c* befindliche nicht. Nun ist es schwierig, für so kleine Gegenstände, wie Haare sind, hinter welchen ein heller Hintergrund befindlich ist, das Auge beständig in dem geeigneten Accommodationszustande zu erhalten. Man ist also bei dem Versuche nie gewiß, ob die Haarvisire nicht ein Zerstreuungsbild auf der Netzhaut entwerfen. Dafs man dieselben rein und scharf sieht, beweiset nichts, da die Diopterlöcher verhältnißmäfsig nur sehr wenige Strahlen durchlassen, welche auf die Netzhaut, auch bei unrichtiger Accommodation, wenn ich so sagen darf, doch in so geringe Entfernung von einander fallen, daß sie ein reines Bild geben, während, wenn alle übrigen Strahlen durch die Pupille zur Netzhaut gelangen könnten, ein breites Zerstreuungsbild entstehen würde. Indessen bringt es keinen Nachtheil, wenn auch die Haarvisire sich nicht in der deutlichen Sehweite befinden, wenn man bei der Anstellung des Versuches darauf achtet, daß die Haarvisire ganz genau in der Mitte der Diopterlöcher erscheinen, denn dann fällt ihr Bild ganz genau auf den Punkt des Zerstreuungsbildes, wohin das reine Bild fallen würde, wenn man bei richtiger Accommodation des Auges die Haarvisire betrachtete. Die Fig. 6 Taf. III erläutert dies. In *a* und *b* befinden sich die beiden Haarvisire in zu großer Nähe, so daß ihre reinen Bilder erst auf die Punkte *e* und *f* fallen wür-

den, und  $a$  ein Zerstreuungsbild  $gh$ ,  $b$  ein Zerstreuungsbild  $il$  auf der Netzhaut entwerfen. Bei  $c$  befinde sich ein Dioptr, durch welchen ganz allein Lichtstrahlen von  $a$  aus zum Auge gelangen können. Diese fallen alle auf den Punkt  $m$  der Netzhaut, oder so nahe demselben, daß das Bild rein ist, und das Object deutlich gesehen wird, und zwar in der Mitte des Diopters  $c$ ; denn das Lichtbild, welches dieser auf der Netzhaut darstellt, hat seinen Mittelpunkt in  $m$ . In  $d$  befinde sich der andere Dioptr, welcher allein Lichtstrahlen von  $b$  in's Auge zuläßt. Diese fallen auf, oder ganz nahe um den Punkt  $k$  der Netzhaut, und geben auch ein reines Bild von  $b$ . Wird nun bei dem Standpunkte des Diopters in  $d$  der Gegenstand  $b$  gerade in dessen Mitte gesehen, so hat das Lichtbild, welches dieses Dioptrloch auf der Netzhaut entwirft, seinen Mittelpunkt in  $k$ . Gesetzt nun, man gäbe diesem Dioptr einen andern Standpunkt, z. B. in  $n$ , dann fällt der Mittelpunkt seines Lichtbildes nicht mehr in  $k$ , sondern auf einen Punkt der Netzhaut, der weit entfernter vom Axenpunkte  $m$  der Netzhaut als  $k$  ist; umgekehrt fällt bei diesem Standpunkte des Diopters in  $n$  das Bild von  $b$  auf den Punkt  $l$  der Netzhaut, also näher bei  $m$  als vorher. Das Bild von  $b$  und der Mittelpunkt des Lichtbildes des Dioptrloches gehen also bei Verschiebungen des Diopters nach entgegengesetzten Richtungen auseinander, und es wird hiernach begreiflich, wie bei der allergeringsten Verschiebung von  $d$  der Gegenstand  $b$  nicht mehr in dessen Mitte gesehen wird. Verlängert man die von dem Mittelpunkte des Diopters  $d$  nach  $b$  gezogene gerade Linie rückwärts nach  $p$ , und versetzt das Haarvisir von  $b$  nach  $p$ , wornach es in die deutliche Schweite kommen soll, so muß sein scharfes Bild nach  $k$  fallen, und es muß in der Mitte des Dioptrloches gesehen werden. Da der Abstand des Haarvisirs  $a$  in demselben Verhältnisse größer werden muß, so bleibt das Resultat der Rechnung dasselbe, und es ist

hiernach völlig gleichgültig, ob die Haarvisire  $a$  und  $b$  sich in der Weite des deutlichen Sehens befinden, oder ob nicht. Allein eine andere Frage ist die, *ob die Linien  $br$  und  $rk$  in eine Gerade zusammenfallen?* Wenn dieß nicht der Fall ist, so ist Volkmann's Rechnung falsch. Volkmann setzt dieß voraus, bleibt aber, wie schon bemerkt, den Beweis schuldig. Der Beweis wäre sehr leicht zu führen, wenn man die Wahrheit eines Satzes anerkennen will, den Volkmann später zu beweisen sucht, — den nämlich, *dafs das Auge um einen unbeweglichen Punkt der Augenaxe durch seine Muskeln gedreht werde, welcher da liegt, wo die verlängerte Linie  $br$  die Augenaxe schneidet.* Dann brauchte man nur den Blick zu verwenden, so dafs  $b$  in die Sehaxe zu liegen kommt; — sieht man alsdann, was auch wirklich der Fall ist,  $b$  noch in der Mitte des Diopters  $d$ , so ist der Beweis geliefert, dafs die Linien  $br$  und  $rk$  keinen Winkel, sondern eine einzige Gerade bilden. Denn bei der Drehung des Auges mufs, unter obiger Voraussetzung, der Axenpunkt  $m$  der Netzhaut in die Linie  $re$  fallen, damit auch jetzt noch der Mittelpunkt des Lichtbildes des Diopterloches  $d$  und das Bild des Haarvisirs  $b$  auf einem Netzhautpunkt zusammentreffen können. Bei dieser Stellung des Auges mufs aber die von dem Haarvisire  $b$  durch die Mitte des Diopters nach seinem Netzhautbilde gezogene Linie eine Gerade seyn, denn sie ist die Sehaxe selber; daraus folgt aber, dafs die Linie  $brk$  auch eine Gerade ist. Die Linie  $br$  ist eine, zwei leuchtende Punkte, nämlich die Mitte des Diopters und einen Punkt in der Länge des Haarvisirs verbindende gerade Linie, und da jene beiden Punkte sich decken, so ist  $br$  deren Richtungsstrahl, — gemäß meiner obigen und auch der von Volkmann in Poggen-dorff's Annalen, Bd. XXXV S. 209, gegebenen Definition dieses Wortes. Es fragt sich nun, ob dieser Strahl durch die Hornhaut eine Abweichung von seiner Rich-

tung erhalte, oder ob er ungebrochen durch die Hornhaut hindurchtrete, wie Mile behauptet, in wie weit die Linse etwa ebenfalls verändernd auf seinen Gang einwirke, und endlich, ob er an eben derselben Stelle der Netzhaut anlange, an welcher er angelangt seyn würde, wenn er gar nicht von seiner ursprünglichen Richtung abgewichen, d. h. wenn er ungebrochen durch sämtliche Augenmedien hindurchgegangen wäre. Trifft er wirklich auf diese Stelle der Netzhaut, so folgt, daß der Richtungsstrahl zweier sich deckender Punkte und deren respective Richtungslinien außerhalb dem Auge ineinanderfallen, identisch sind, und nur innerhalb des Auges, in sofern der Richtungsstrahl Brechungen erleidet, auseinanderweichen. In diesem Falle bietet der Volkmann'sche Gesichtswinkelmesser ein Mittel dar, für alle nicht zu weit von der Mitte des Sehfeldes sich entfernende Richtungslinien die Richtung, den Punkt, wo sie die Augenaxe durchschneiden, und den Winkel, welchen sie mit dieser machen, zu bestimmen, also auch den Punkt der Netzhaut zu finden, auf welchen derjenige Lichtstrahl, welcher in dem, außerhalb dem Auge gelegenen Theile der Richtungslinie verläuft, auffallen muß, wobei Ungenauigkeiten nur dadurch bedingt werden, daß man die Länge der Augenaxe für jedes Auge nur approximativ bestimmen kann. Es ist also der oben ausgesprochene Satz, daß Richtungslinie und Richtungsstrahl außerhalb des Auges identisch seyen, folgenreich; seine Wahrheit hängt aber, wie oben bemerkt, von der Erweisbarkeit des andern Satzes, daß ein fixer Drehpunkt des Auges vorhanden, und daß dieser zugleich der Durchschneidungspunkt sämtlicher, in gerader Richtung bis zur Augenaxe verlängerten, Richtungsstrahlen sey; denn ist er dieß wirklich, so trifft, wie ich oben gezeigt habe, die geradlinige Fortsetzung des Richtungsstrahls die Netzhaut an derselben Stelle, welche der wirkliche Strahl, auch wenn er gebrochen wird, treffen muß, — und die

Richtungslinie ist alsdann identisch mit jener geradlinigen Fortsetzung des Richtungsstrahls.

Die Beweise, welche Volkmann in dem fünften Kapitel seiner Beiträge für jenen Satz vorbringt, sind leider unzulänglich. Allerdings beweist Volkmann, daß unser Auge von seinen Muskeln um einen unbeweglichen, in der Augenaxe befindlichen Punkt rotirt werde, — er beweist aber nicht, daß dieser Punkt zugleich der Kreuzungspunkt sämmtlicher Richtungslinien sey. Jenen Beweis gründet er auf die Thatsache, daß zwei in der Sehaxe befindliche, sich daselbst deckende Objecte bei allen Bewegungen unseres Auges sich nicht aufdecken. Diese Thatsache ist indessen in Zweifel gezogen worden. Der Versuch, welchen Volkmann, S. 35 der Beiträge, mittheilt, ist auch nicht ganz geeignet die Richtigkeit derselben aufser Zweifel zu setzen. Mile beruft sich in Poggendorff's Annalen, Bd. XXXII S. 69, auf eine Erscheinung, welche beweisen soll, daß bei den Augenbewegungen die sich deckenden Objecte sich wieder aufdecken. Diese Erscheinung ist folgende: Richtet man das Auge auf eine Lichtflamme und schiebt vor das Auge ein Kartenblatt so, daß dadurch eben die Flamme unsichtbar wird, so erscheint sie doch, wenn man das Auge von der Karte etwas abwendet, und zwar neben der Karte stehend.

Mile bemerkt hierzu (a. a. O, S. 70): »Wenn in dieser Augenlage die Bilder der Flamme und des Kartenrandes sich noch wie früher decken sollten, so dürfte die Flamme nicht erscheinen«. Volkmann, die Thatsache anerkennend, sucht den daraus entnommenen Einwurf gegen seine Theorie durch folgende Erklärung zu beseitigen. (Vergl. Poggendorff's Ann. Bd. XXXV S. 223.) In der von Volkmann entworfenen Figur (a. a. O. Taf. II Fig. 5) sey *A* das Auge, *P* die Pupille, *c* der Kreuzungspunkt der Richtungslinien und zugleich der unbewegliche Punkt, um welchen das Auge sich bewegt;

$kk'$  sey die undurchsichtige Karte;  $FF'$  die Kerzenflamme. Der leuchtende Punkt  $F$  würde auf der Netzhaut bei  $n$ , der leuchtende Punkt  $F'$  bei  $m$  sein Bild entwerfen; also ist  $mn$  die dem Netzhautbildchen der Flamme zugehörige Stelle. Nun kann aber dieses Netzhautbildchen nicht gebildet werden, weil bei der Stelle der Pupille  $P$  hinter der Karte  $kk'$  kein einziger Lichtstrahl der Kerze in's Auge fällt. Die Stelle  $mn$  der Netzhaut empfängt einen Theil des Kartenbildes, und zwar von dem zwischen  $k'k''$  gelegenen Theile der Karte. Jetzt wende sich das Auge um seinen Drehpunkt  $c$ , so dafs die Pupille in die Gegend von  $p$  zu stehen kommt. Bei dieser Stellung der Pupille und der Karte können Lichtstrahlen der Flamme in der Richtung  $Fp$  und  $F'p$  in's Auge fallen, welche bezüglich nach  $m$  und  $n$  hin gebrochen werden. Die Netzhautstelle  $mn$  empfängt nun zwei Bilder, eins von dem Kartenrande  $k'k''$  und eins von der Flamme  $FF'$ . Da das Flammenbildchen von strahlendem Lichte gebildet ist, so mufs es in der Empfindung vorherrschen. Von dem dunkeln Kartenbilde  $mo$  kommt der zwischen  $mn$  befindliche Theil nicht zur deutlichen Empfindung, daher scheint das Flammenbildchen neben dem Kartenrande zu stehen.

Mile verwahrt sich gegen eine solche Erklärung, indem er (a. a. O. S. 70) sagt: »Man könnte vermuthen, dafs die zwei Scheiben« (Bilder) »von den Objecten auch jetzt noch gerade aufeinanderfallen, die lichte aber nur gefühlt werde. Dafs diese Vermuthung aber nicht gegründet sey, zeigt der Versuch mit umgekehrt beleuchteten Objecten; wenn man z. B. ein Licht neben dem Auge so stellt, dafs die vordere Kartenfläche beleuchtet wird und man sie vor einen dunkeln Streifen schiebt, so kommt dieser dennoch zum Vorschein, sobald man das Auge abwendet. Auch gleichbeleuchtete oder verschiedenfarbige Flächen geben dasselbe Resultat, nur ist die Verschiebung schwieriger zu sehen«.

Volkmann bemerkt nun hierzu (Poggendorff's Annal. Bd. XXXV S. 224): Man dürfe nicht verlangen, daß das helle Bild des vorderen Gegenstandes das dunkle des hinteren ganz verdränge, dazu sey das Licht der Karte viel zu wenig glänzend, und das Bild der Kohle (er nahm eine solche als hinteren Gegenstand) viel zu tief schattig. Licht und Schatten glichen sich auf der Netzhautstelle *mn* in so weit aus, daß das Kartenbild hier dunkler, oder, was dasselbe sage, das Kohlenbild heller erscheine, daher sähe man neben der hellen Karte eine in's Graue spielende Kohle. Wenn Volkmann's Erklärung durchaus richtig wäre, dann dürften gleich beleuchtete Flächen nicht dasselbe Resultat liefern. Ich nehme zwei schwarz eingebundene Bücher von gleicher Gröfse, stelle sie so hinter einander, daß das vordere das hintere ganz verdeckt; verwende ich nun den Blick nach rechts, so sehe ich das hintere, wegen seiner gröfseren Entfernung kleiner erscheinende, neben dem rechten Rande des vorderen Buches hervorragen. Ich stelle eine blaue Fläche vor eine gelbe, so daß der rechte Rand der ersteren die letztere dem Blicke gerade verbirgt. Verwende ich nun den Blick nach rechts, so erscheint die gelbe Fläche ganz deutlich neben der blauen, und nicht eine grüne, wie man nach Volkmann's Erklärung vermuthen sollte. Doch man kann diese weiteren Beobachtungen ganz unberücksichtigt lassen, und schon aus der zuerst erzählten zeigen, daß wenigstens der Schlufstheil der Volkmann'schen Erklärung unrichtig ist. Die Figur der Lichtflamme ist eine andere als die des Kartenblatts; das Netzhautbild des Kartenblatts ist auch weit höher als das der Flamme. Daher müfste, wenn Volkmann's Erklärung richtig wäre, die Flamme von dem Kartenblatte oben und unten, und auch noch zum Theil auf der äufseren Seite und jedenfalls auf der inneren Seite der Flamme begränzt erscheinen, mit einem Worte: die Flamme müfste durch das Kartenblatt hindurchscheinen.



So ist es aber durchaus nicht; im Gegentheil tritt bei dem Versuche die Flamme ganz aus der Karte heraus, ja man bemerkt, wenn man statt der Flamme einen ganz kleinen, glänzenden Körper, z. B. eine Stecknadel, wählt, zwischen dem Kartenrande und der Nadel noch ein Zwischenfeld. Wohl aber sieht man die Flamme oder die Stecknadel durch das Kartenblatt nahe seinem Rande hindurchschimmern, wenn man diesen nur ganz knapp verschiebt, und nun den Blick auf diesen Rand selber richtet. Für diese Erscheinung paßt Volkmann's Erklärung vollkommen. Die Flamme sendet noch Lichtstrahlen am Kartenrande vorbei, diese werden durch die Hornhaut gebrochen, und können noch zum Theil durch die Pupille dringen und von der Flamme ein Bild auf den mittleren Theil der Netzhaut entwerfen, auf welchen auch ein Stückchen des Kartenbildes fällt. Wo beide Bilder sich decken, da entsteht eine gedämpfte Empfindung des hinteren Gegenstandes, sey dieser nun glänzender oder sey er dunkler als der vordere. Man kann sogar den Rand der Karte so weit verschieben, daß man ihn den hinteren Gegenstand noch überragen sieht, und dieser in der Karte gewissermaßen eingerahmt erscheint. Alsdann muß freilich der hintere Gegenstand ein intensiveres Licht haben als die Karte. Diese scheinbare Durchsichtigkeit der Karte offenbart sich nur dann, wenn man an ihrer deckenden Seite einen doppelten Rand gewahrt, einen inneren, bis zu welchem die Karte ganz undurchsichtig ist, und einen äußeren Rand, welcher einen zwischen beiden Rändern gelegenen schmalen, halbdurchsichtigen Streifen begränzt. Durch diesen Streifen allein vermag man einen dahinter liegenden hellen Gegenstand zu erkennen. Dieser Streifen ist das Zerstreuungsbild der zu nahe vor das Auge gehaltenen Karte, es ist derjenige Theil des Netzhautbildes der Karte, welcher, wie die seitlichen Theile aller Zerstreuungsbilder, von verhältnißmäßig nur wenigen Strahlen gebildet wird,

und deshalb nur eine matte Empfindung bewirkt. Es ist aber bekannt, daß, wenn Zerstreuungs- und concentrirte Bilder auf *eine* Netzhautstelle fallen, jene nicht mehr wahrgenommen werden, selbst wenn sie von näheren Objecten als diese herrühren. Diefs erklärt das ganze Phänomen. Entfernt man daher die Karte von dem Auge auf deutliche Sehweite, so sieht man keinen dahinterliegenden Gegenstand mehr durch dieselbe hindurch, auch selbst diejenigen Gegenstände nicht, welche hinter deren Rand so verborgen sind, daß sie noch Lichtstrahlen durch die Pupille senden können, und seyen sie auch noch so glänzend. Denn jetzt entwirft die Karte ein scharfes Bild auf der Netzhaut und die dahinterliegenden Objecte entwerfen Zerstreuungsbilder. Eben so muß man auch in dem Mile'schen Versuche das Kartenblatt so nahe vor das Auge halten, daß jener doppelte Rand gesehen wird. Schiebt man nun die Karte so weit vor, daß, wenn der Blick auf der Karte selbst ruht, der innere undurchsichtige Rand die dahinterstehende Flamme gänzlich verbirgt, so springt diese dennoch bei einer nicht bedeutenden Verwendung des Blicks ganz frei hervor, aber nicht über den äußern Rand des durchsichtigen Streifens. Dieser durchsichtige Streifen, das durch Zerstreuung der Strahlen entstandene Doppelbild des Kartenrandes, wird nämlich, weil es auf seitliche Theile der Netzhaut fällt, gar nicht mehr wahrgenommen, sondern bloß das reine Bild der Flamme oder jedes andern Gegenstandes, auch wenn er tiefschwarz, mattgrau oder von der Farbe der Karte ist, darauf kommt es gar nicht an. Dieser durchsichtige Streifen wird, wenn er in dem mittleren Theil des Gesichtsfeldes liegt, noch deutlich wahrgenommen, deshalb birgt er auch den dahinterliegenden Gegenstand noch in etwas; er ist auch wahrscheinlich schmaler als er seyn wird, wenn er im seitlichen Theile des Gesichtsfeldes liegt. Diefs kann man daraus schliessen, daß man in dem letzteren Fall gar nicht mit Schärfe wahrnehmen

kann, wo die Karte anfängt undurchsichtig zu werden, die Erscheinung eines doppelten Randes verliert sich hier ganz. Die Volkmann'sche Erklärung ist also in sofern richtig als allerdings nach der seitlichen Bewegung des Auges die Pupille eine Stellung erhält, in welcher nun Lichtstrahlen von dem hinteren Gegenstande durch dieselbe hindurchdringen und ein Bild von diesem auf der Netzhaut entwerfen können, was bei ihrer vorherigen Stellung nicht möglich war; — sie ist ferner in sofern richtig als sie die Deckung der beiden Netzhautbilder anerkennt; nur darin ist sie falsch, daß sie eine aus beiden Bildern gemischte Empfindung annimmt. Die Falschheit dieser Annahme geht aus folgender Modification des Versuchs hervor. Man schiebe den Kartenrand in einer Entfernung vom rechten Auge, in welcher man deutlich sieht, von links nach rechts vor die noch viel weiter entfernte Lichtflamme, so daß diese, wenn man den Kartenrand fixirt, nicht mehr gesehen wird, sogleich aber theilweise zum Vorschein kommt, sobald man die Karte nur eine Linie breit wieder nach links schiebt. Alsdann bewege man das Auge nach rechts und fixire einen Gegenstand, welcher eben so weit vom Auge entfernt ist als die Karte. Man wird von der Flamme nichts gewahr. Es ist nach der obigen Erklärung augenfällig, daß bei dieser Stellung des Auges Strahlen von der Flamme durch die Pupille gehen müssen, ihr Glanz überwiegt den Glanz der Strahlen, welche die Karte aussendet, — und dennoch bewirken sie keine Empfindung, weil diese zerstreuten Strahlen auf ein concentrirtes Bild fallen. Fixirt man dagegen nach der seitlichen Bewegung des Auges einen mit der Flamme gleich weit von jenem entfernten Gegenstand, dann sieht man diese sogleich neben dem Kartenrande vorspringen, jedoch nur theilweise, — man sieht nur einen schmalen Streifen derselben, und dieß aus dem Grunde, weil die doch ziemlich ferne Karte zwar ein Zerstreungsbild, aber kein breites, auf der

Netzhaut entwirft, so daß also auch der halbdurchsichtige Streifen am Kartenrande weit schmaler als bei größerer Nähe der Karte ist.

Das Resultat dieser Erörterungen stimmt mit dem Volkmann'schen ganz überein. Mile's Behauptung, der bisher besprochene Versuch bewiese, daß die sich deckenden Netzhautbilder zweier Objecte aufhörten sich zu decken, auseinanderwichen, wenn das Auge durch seine Muskeln bewegt werde, ist falsch, vielmehr spricht dieser Versuch für das Gegentheil.

Volkmann hat, um dasselbe zu beweisen, noch einen andern Versuch angestellt, welchen er in Poggendorff's Annalen, Bd. XXXV S. 222, beschreibt. Ein leicht zu verbesserndes Gebrechen dieses Versuchs ist, daß Volkmann beide Spalten gleich schmal machte; der fernere Lichtstreifen erscheint auf diese Weise viel schmaler als der nähere, was der genauen Beobachtung des etwaigen Auseinanderweichens der beiden Lichtstreifen hinderlich ist. Ich habe diesen Versuch nachgeahmt, nur modificirte ich ihn folgendermaßen: Ich beklebte zwei Glas-cylinder mit schwarzem Papier. Bei dem einen liefs ich aber eine einen halben Zoll breite, bei dem andern eine zwei Linien breite Spalte frei. In die Cylinder brachte ich brennende Kerzen. Den Cylinder mit der breiteren Spalte stellte ich in so weite Entfernung von dem mit der schmälern Spalte, daß der Lichtstreifen des letzteren, 20" vom Auge entfernten Cylinders eben so breit erschien als der hintere Lichtstreifen. Die Stellung der beiden Cylinder war so, daß beide Lichtstreifen in einander übergingen, einen einzigen zu bilden schienen. Ich muß jedoch bemerken, daß einer der Lichtstreifen, sobald ich den andern fixirte, stets etwas breiter wurde und an Schärfe der Umrisse verlor, — weil er ein Zerstreuungsbild auf der Netzhaut entwarf. Da jedoch die seitlichen Theile eines Zerstreuungsbildes, als dessen undeutlichster Theil, wenn dasselbe auf seitliche Stellen der

der Netzhaut fällt, gar nicht wahrgenommen zu werden scheinen, so hat wahrscheinlich dieser Umstand der Genauigkeit des Versuchs keinen Eintrag gethan. Dieser Versuch lieferte mir übrigens dasselbe Resultat wie Volkmann. Nur muß ich bemerken, daß ich den Blick nicht weit verwenden durfte, sonst war es mir nicht mehr möglich deutlich wahrzunehmen, ob die beiden hellen Spalten wirklich noch in einer geraden Linie standen. Die seitliche Augenbewegung durfte höchstens einen Winkel von  $17^\circ$  beschreiben. — Verweilen wir noch einen Augenblick bei diesem Versuche.

Denken wir uns aus der Mitte des unteren Randes des oberen fernerer Lichtstreifens eine Linie durch die Mitte des oberen Randes des unteren, näheren Lichtstreifens gezogen und bis zur Hornhaut verlängert; nennen wir den Anfangspunkt jener Linie den leuchtenden Punkt *a*, und den Punkt, in welchem jene Linie den näheren Lichtstreifen durchschneidet, den leuchtenden Punkt *b*. Die Bilder beider Punkte fallen auf einen und denselben Punkt der Netzhaut. Nur einer von jenen beiden leuchtenden Punkten kann sich in der Weite des deutlichen Sehens befinden; es sey diess der Punkt *a*, — der andere *b* muß also mehr oder weniger große concentrische Zerstreuungskreise auf der Netzhaut entwerfen, deren Mittelpunkt das reine Bild von *a* einnimmt. Der, beiden leuchtenden Punkten gemeinschaftliche, Richtungsstrahl fällt auf das reine Bild von *a*, also auch in die Mitte der Zerstreuungskreise von *b*. Von allen Strahlen, welche ein leuchtender, außerhalb der Weite des deutlichen Sehens befindlicher Punkt zur Hornhaut sendet, kann nur der in die Mitte des aus Zerstreuungsstrahlen bestehenden Netzhaut-Kreisbildes fallen, welcher senkrecht auf der Netzhaut steht. *Mithin stehen alle Richtungsstrahlen senkrecht auf der Hornhaut.* Da der in Rede stehende Versuch unläugbar beweist, daß das concentrirte Bild von *a* bei nicht bedeu-

tenden Bewegungen des Auges nach rechts oder links nicht aus der Mitte des Zerstreuungsbildes von *b* herausrückt, so folgt weiter, daß bei den Muskelbewegungen des Auges, wenigstens gewiß solchen, welche keinen zu großen Winkel beschreiben, alle leuchtenden Punkte im Sehfelde ihren Richtungsstrahl beibehalten, daß, mit anderen Worten, *ein Strahl, der senkrecht auf der Hornhaut stand, auch auf derselben bei den Augenbewegungen senkrecht stehen bleibt.*

Mile hat schon diese Ansicht ausgesprochen. Er sagte: »Wollte man annehmen, die Richtungsstrahlen ständen nicht senkrecht auf der Cornea, so würde ihnen der Charakter mangeln, von ihren Lichtpunkten zusammenfallende Bilder auf der Retina zu liefern« (Poggendorff's Annalen, Bd. XXXXII S. 53). Mile läßt aber unberücksichtigt, daß die zu nahen und die zu fernen Lichtpunkte Zerstreuungskreise auf der Netzhaut entwerfen, und nur der einzige Punkt, welcher sich genau in der Weite des deutlichen Sehens befindet, ein concentrirtes Bild dahin entwirft. Es galt zu beweisen, daß dieses letztere in den Mittelpunkt der Zerstreuungskreise falle, und daß diese concentrisch seyen, d. h. einen gemeinschaftlichen Mittelpunkt haben. Der obige Versuch beweist dies aber. Denn wenn die beiden Lichtstreifen, anfänglich in der Sehaxe des visirenden Auges sich befindend, als ein einziger gerader Lichtstreifen erscheinen, wenn nach der Seitwärtswendung des Auges, — wobei dieses, weil es im Dunkeln keinen Gegenstand fixiren kann, für die Ferne, und also für die ferneren Lichtstreifen, sich unwillkürlich accommodirt, und wobei der nähere Lichtstreifen sich verbreitert und seine Umrisse an Schärfe verlieren, — wenn man dennoch deutlich sieht, wie der fernere Lichtstreifen auf dem mittleren Theile des oberen Randes des näheren steht, — so führt uns ein kurzes Nachdenken zur Anerkennung des obigen Satzes.

Soll ein senkrecht auf die Hornhaut auffallender Strahl bei den Muskelbewegungen des Auges diese Stellung beibehalten, so muß sich das Auge, wenn seine Hornhaut eine sphärische Gestalt hat, um den Mittelpunkt der vorderen Hornkautkrümmung drehen, — wenn dagegen die Hornhaut ein Ellipsoid ist, so müssen sehr viele Drehungspunkte seyn, weil die Normalen des Ellipsoids sich nicht in einem Punkte schneiden. Es würde eine unnütze Abschweifung seyn, die krumme Fläche zu beschreiben, in welcher sämtliche Drehungspunkte nothwendig liegen müssen. Volkmann behauptet indessen, daß das Ochsenauge, welches nach Senff's Untersuchung eine ellipsoidische Hornhaut haben soll, einen fixen Drehungspunkt habe. Er stützt seine Behauptung auf einen in Pogendorff's Annalen, Bd. XXXV S. 212 bis 215 mitgetheilten Versuch. Derselbe ist in der nämlichen Weise angestellt, wie der zweite Versuch mit dem Kaninchenauge, der oben besprochen wurde. Meine obigen Bemerkungen zu diesem Versuche gelten auch hier. Ueberdies ist es eine reine Unmöglichkeit, daß das concentrirte Bild, welches eine ellipsoïdische Fläche von einem Gegenstande entwirft, bei der Drehung derselben um einen fixen Punkt stets an derselben Stelle verbleiben solle, wie dieß Volkmann gerne aus seinem Versuche ableiten möchte. Es widerspricht eine solche Behauptung so ganz den unumstößlichen Gesetzen der Dioptrik, daß es eine müßige Arbeit seyn würde, jene nur widerlegen zu wollen. Uebrigens will ich die Wahrhaftigkeit des Berichtes, welchen Volkmann von seinem Versuche macht, nicht antasten; im Gegentheil will ich versuchen, Volkmann als getreuen Beobachter zu rechtfertigen, ohne mich dabei, wie ich hoffe, gegen die Gesetze der Dioptrik zu versündigen.

In der Fig. 7 Taf. III stelle  $A$  die Peripherie des Querschnitts des Ochsenauges, dessen Axe in der Richtungslinie  $RR$  sich befindet, dar;  $A'$  ist die Peripherie des

selben Querdurchschnitts, nachdem das Auge um den Winkel  $Rrh$  gedreht worden ist;  $r$  ist also der fixe Drehungspunkt und zugleich derjenige Punkt, worin die Normalen der Hornhautpunkte  $m$  und  $n$  die Augenaxe schneiden.  $EL$  ist eine elliptische Linie, deren kleine Axe in die Axe des Auges  $A$  fällt und deren Mittelpunkt sich in  $c$  befindet. Der Theil  $EH$  dieser elliptischen Linie ist ein zur Peripherie  $A$  gehöriger Querdurchschnitt der Hornhaut.  $E'H'$  ist derselbe Querdurchschnitt der Hornhaut, welcher aber zur Peripherie  $A'$  gehört. Der Punkt  $h$  ist der Axenpunkt dieser Hornhaut und zugleich der Durchschneidungspunkt der beiden elliptischen Linien  $EL$  und  $E'H'$ . Die gerade Linie  $rh$  ist Normale des der elliptischen Linie  $E'H'$  angehörigen Punktes  $h$ , und die gerade Linie  $r'h$  ist Normale des der elliptischen Linie  $EL$  angehörigen Punktes  $h'$ .  $B'B$  ist der Querdurchschnitt der Kerzenflamme. Nehmen wir zuvörderst an, dieselbe befinde sich in derjenigen Weite vom Auge, in welcher ihr concentrirtes Bild genau auf die Netzhaut fällt, und die von dem Lichtpunkte  $B$  aus auf die Hornhaut  $EH$  zwischen  $m$  und  $n$  einfallenden Strahlen vereinigten sich sämmtlich in dem Punkte  $b$  der Netzhaut  $A$  und die in dem Lichtkegel  $nB'm$  enthaltenen Strahlen vereinigten sich in  $b'$ , so ist  $bb'$  das concentrirte Netzhautbild von  $BB'$ . Lassen wir nun um den Punkt  $r$  die Drehung vor sich gehen und dieselbe den Winkel  $Rrh$  beschreiben. Der Punkt  $h$  gehört, wie ich oben anschaulich zu machen suchte, zwei Ellipsoiden an. Lassen wir auf denselben einen Lichtstrahl  $B'h$  fallen. Für die Ellipsoide  $EL$  ist der Sinus des Einfallswinkels gleich dem Sinus  $\angle r'hB'$ , für die Ellipsoide  $E'H'$  ist der Sinus des Einfallswinkels gleich dem Sinus  $\angle rhB'$ . Das Brechungsverhältniß ist für beide Ellipsoide natürlich gleich. Da nun Sinus  $\angle rhB' <$  als Sinus  $\angle r'hB'$ , so wird der Strahl  $B'h$ , wenn er

1) Ich muß bemerken, daß der Punkt  $r'$  durch Rechnung und möglichst genaue Messung in der Figur bestimmt worden ist.



von der Ellipsoide  $EL$  gebrochen würde, mehr von seiner Richtung abgelenkt werden als dies durch die Hornhaut  $E'H'$  geschieht. Gesetzt der Strahl  $B'h$  werde von der Ellipsoide  $EL$  so gebrochen, daß er in  $\beta'$  auf die Netzhaut  $A'$  fällt, so kann der von der Ellipsoide  $E'H'$  gebrochene Strahl  $B'h$  nicht eben dahin, sondern etwa nach  $\gamma'$  gebrochen werden. Aus demselben Grunde wird der Strahl  $Bh$  nicht nach  $\beta$ , sondern nach  $\gamma$  abgelenkt. Demnach fällt nach der Drehung um den Punkt  $r$  und bei einem Drehungswinkel gleich  $Rrh$  das reine Bild der Flamme auf die Netzhautstelle  $\gamma'\gamma$ . Dieses kann von der Richtungslinie  $RR'$  nicht in seiner Mitte durchschnitten werden. Dieses Resultat steht im Widerspruch mit Volkmann's Beobachtung.

Nehmen wir nun an, die Flamme  $BB'$  befinde sich in einer so weiten Entfernung vom Auge, daß ihr reines Bild in dem Glaskörper, und zwar vor der Drehung zwischen  $\delta\delta'$ , nach der Drehung zwischen  $\varepsilon\varepsilon'$  zu stehen komme. Dann wird nach der Drehung ein Zerstreuungsbild auf die Netzhaut fallen, welches eine noch etwas größere Netzhautfläche als die zwischen  $\beta\beta'$  bedecken, und ziemlich genau in seiner Mitte von der Richtungslinie  $RR'$  durchschnitten werden wird. Hier haben wir also ein mit Volkmann's Beobachtung übereinstimmendes Resultat. Der Punkt  $r$  ist aber nicht der einzige Drehpunkt, wobei man dieses Resultat erhält; auch andere Punkte der Augenaxe sind hierzu geeignet; man muß nur die Entfernung der Flamme auf entsprechende Weise ändern. Im Allgemeinen muß man dieselbe um so weiter vom Auge entfernt stellen, je näher der gewählte Drehungspunkt dem Axenpunkte der Netzhaut ist, und umgekehrt muß man die Flamme dem Auge um so näher bringen, je näher der gewählte Drehungspunkt dem Axenpunkte der Hornhaut ist. Die Sache hat jedoch ihre Grenzen, die ich indessen nicht bestimmen kann, ohne mich in ungehörige Details einzulassen.

Volkmann führt in seinen Beiträgen zur Physio-

logie des Gesichtsinnes noch zwei weitere Beweise, S. 36 bis 40, auf, welche allerdings vollkommen genügen den Satz, daß unser Auge durch seine Muskeln um einen unbeweglichen Punkt rotirt werde, zu erweisen, welche aber zur Beweisführung des weiteren Satzes, daß dieser fixe Drehpunkt der Kreuzungspunkt sämtlicher Richtungslinien sey, nichts beitragen.

Mile hat, obwohl er von Volkmann's Ansichten darin abweicht, daß er den Drehungspunkt des Auges in den Mittelpunkt der Scleroticakrümmung und den Kreuzungspunkt der Richtungslinien in den Mittelpunkt der Cornea versetzt, dennoch eine Ansicht ausgesprochen, welche der Volkmann'schen sehr günstig ist. Er zeigt nämlich, wie die Richtungsstrahlen, d. h. alle senkrecht auf die Hornhaut auffallenden Strahlen im Zickzack durch die Linse hindurchgehen müssen, und wie es wahrscheinlich sey, daß der Richtungsstrahl beim Uebergang aus der Linse in den Glaskörper eine Richtung bekomme, in Folge deren er gerade auf denselben Punkt der Retina treffe, wohin er gelangt seyn würde, wenn er gänzlich ungebrochen durch die Augenmedien gegangen wäre. Er nimmt nämlich an, daß die Richtungsstrahlen ungebrochen durch die Hornhaut und die wäßrige Augenflüssigkeit hindurchgehen, was übrigens nur der Fall seyn kann, wenn die hintere Fläche der Hornhaut mit der vorderen einen gemeinschaftlichen Mittelpunkt hat, oder wenn die wäßrige Augenflüssigkeit mit der Hornhaut gleiche brechende Kraft hat. Ferner wird hierbei vorausgesetzt, daß der Mittelpunkt der Hornhaut nicht hinter dem Mittelpunkte der vorderen Fläche der Linse liege. Vorausgesetzt wird ferner, daß die gläserne Flüssigkeit dieselbe brechende Kraft habe als die wäßrige. Unter diesen Voraussetzungen würde, wenn die hintere Linsenfläche mit der vorderen gleichen Radius hätte, der aus der Linse heraustretende Richtungsstrahl mit dem in dieselbe eintretenden parallel laufen, aber wegen seines

Zickzack-Verlaufes in der Linse müßte ersterer von der geradlinigen Verlängerung des letzteren abstehen. Da indessen die hintere Linsenfläche stärker gekrümmt ist als die vordere, so ist der Ausfallswinkel größer als der Einfallswinkel, und der aus der Linse austretende Richtungsstrahl muß sich der geradlinigen Verlängerung des Theils des Richtungsstrahls, welcher zwischen Hornhaut und Linse liegt, immer mehr nähern, um sie an irgend einer Stelle zu schneiden. Mile nimmt nun an, daß dieser Durchschneidungspunkt in der Netzhaut liege. Wenn diese ganze Hypothese mit allen ihren Voraussetzungen richtig ist, so folgt weiter daraus, daß die Richtungslinie und der Richtungsstrahl außerhalb dem Auge zusammenfallen, und daß der Mittelpunkt der Cornea, welcher Drehpunkt des Auges ist, zugleich Kreuzungspunkt sämtlicher Richtungslinien seyn muß. Allein für diese Mile'sche Hypothese fehlt der Beweis.

Ich habe oben bemerkt, man dürfe, wenn man zwei sich deckende Objecte betrachte und nun den Blick abwende, um zu erfahren, ob bei dieser Augenbewegung die Objecte sich aufdecken oder ob nicht, den Blick nicht zu weit abwenden, weil alsdann die Bilder der Objecte auf eine Netzhautstelle gelangen, durch welche nur noch ein sehr undeutliches Sehen vermittelt wird, und man nicht mehr genau unterscheiden kann, ob die Objecte sich wirklich noch decken oder ob nicht mehr. Es entsteht nun die Frage, ob bei weiterer Abwendung des Blickes die Objecte sich wirklich noch decken? Man kann diese Frage mit Ja beantworten. Man stelle den Versuch nur auf folgende Art an: Man gebe dem Kopfe eine solche Stellung, daß die Hornhaut des visirenden Auges, wenn dessen Sehaxe in den Richtungsstrahl der beiden sich deckenden Objecte fallen soll, den äußeren Augenwinkel berühren muß. Nun wende man den Blick ein wenig von diesem Augenwinkel ab und man wird finden, daß sich die Objecte immer noch decken. Hier-

aus folgt, dafs, auch bei Rotationen des Auges in der Nähe des Augenwinkels, bestehende Deckungen der Objecte nicht aufgehoben werden.

Um aus allen bis hierher gegebenen Erklärungen ein Endresultat zu ziehen: *Bei allen Rotationen des menschlichen Auges bleiben die Richtungsstrahlen stets vertical auf die Hornhaut gerichtet, und wenn also diese eine sphärische Krümmung hat, so mufs der Mittelpunkt der Hornhaut der unbewegliche Drehpunkt des Auges seyn. Der Kreuzungspunkt der imaginären Richtungslinien ist hingegen noch unbekannt.* Volkmann's Gesichtswinkelmesser ist geeignet, für jedes Auge die Entfernung des Drehpunktes von dem Axenpunkte der vorderen Hornhautfläche zu finden.

Man sieht, dafs alle Vorwürfe, welche man Volkmann's übrigens sehr verdienstvollen Forschungen über Gröfse und Stand der Netzhautbilder machen kann, darauf hinauslaufen, dafs sie die Netzhaut-Zerstreuungsbilder aufser Rechnung gelassen haben.

Es ist eine herrliche Einrichtung in unserem Auge, dafs, wenn reine und Zerstreuungsbilder auf der Netzhaut sich decken, diese nicht empfunden werden. Ohne diese Einrichtung würde das Auge ein sehr unvollkommenes Sehwerkzeug seyn. Bei dieser Gelegenheit kann ich nicht unbemerkt lassen, dafs Physiker sowohl als auch Physiologen für manche überraschende Vollkommenheit oder scheinbare Unvollkommenheit unseres Sehorganes die Erklärung in den brechenden Augenmedien zu finden glaubten, während sie doch nur im Bau und in der Function der Retina zu suchen ist. Ich selbst habe z. B. mir viele Mühe gegeben, den Ausspruch einiger Schriftsteller, dafs wir deshalb Gegenstände, welche nicht in der Sehaxe oder in deren nächsten Nähe liegen, undeutlich sehen, weil deren Netzhautbilder Zerstreuungsbilder sind, zu bewahrheiten. Allein ich kam nicht damit zum Ziele; im Gegentheil überzeugte ich mich,

dafs jener Ausspruch falsch ist. Wir bekommen jedenfalls von einem Netzhautbilde, das kaum eine Linie vom Axenpunkte der Retina entfernt ist, schon eine unklare Empfindung. Wenn nun gleichzeitig ein Bild, welches in jenem Axenpunkte liegt, deutlich empfunden wird, so dafs es als concentrirtes Bild angenommen werden mufs, so mufs auch jenes erstere Bild bei gleicher Entfernung der Objecte ein concentrirtes seyn, da beide Netzhautstellen jedenfalls gleich weit von der Linse entfernt sind. Eben diese Betrachtung führt uns dahin Treviranus Meinung für irrig zu halten. Da die von seitlichen Gegenständen ausgehenden Lichtstrahlen schief, und deshalb in geringerer Zahl auf die Hornhaut fallen, und oben drein ein Theil dieser Strahlen von der Cornea reflectirt wird, da in gleichem Verhältnifs sich auch die Zahl der durch die Pupille dringenden Strahlen vermindert und endlich die Linse noch einen Theil dieser schiefen Strahlen reflectirt, so können von jenen Gegenständen verhältnifsmäfsig weit weniger Lichtstrahlen zur Netzhaut gelangen als von in der Mitte des Gesichtsfeldes liegenden Objecten. Treviranus leitet davon die Undeutlichkeit des Sehens aufserhalb der Augenaxe ab. Dieses Verhältnifs läfst sich aber nicht auf Gegenstände, welche der Sehaxe ganz nahe liegen, und dennoch undeutlich gesehen werden, anwenden. Und überdies bedarf es zum Deutlichsehen nicht so sehr vieler Lichtstrahlen, wie das Sehen durch ein feines Loch lehrt. Ueberschauen wir eine Landschaft, in welcher uns Gegenstände von den verschiedensten Entfernungen entgegentreten, so sehen wir, wir mögen unsere Augen richten und drehen wie wir wollen, immer nur diejenigen Gegenstände deutlich, welche in der Sehaxe liegen. Es mufs doch von dem einen oder dem andern seitlichen Gegenstande ein concentrirtes Bild auf einen seitlichen Theil der Netzhaut geworfen werden, es können doch nicht aus allen Entfernungen dahin Zerstreungsbilder von Objecten fallen.

Johannes Müller hat auch hier wieder die richtige Saite angeschlagen, wenigstens ist mir nicht bekannt geworden daß ein Anderer vor ihm dies gethan. Er sagt (Physiologie, II. S. 351): »Die Empfindung ist in der Mitte der Netzhaut so scharf und auf der Seite derselben so ganz unbestimmt, als wenn in der Mitte der Netzhaut einzelnen kleinen Theilchen des Bildes die Enden einzelner Fasern, an den Seiten vielen kleinen Theilchen des Bildes nur eine Faser entsprechen, und als wenn hier eine Faser in einiger Länge den Eindrücken ausgesetzt wäre, während sie in der Mitte der Netzhaut nur durch ihr punktförmiges Ende empfindet.« Folgender Sehversuch, welchen Jeder bei *einiger* Uebung leicht wiederholen kann, dürfte Einiges zur Bestätigung dieser Ansicht beitragen.

Man beschreibe auf schwarzem Papier einen Kreis, dessen Radius etwa  $1\frac{1}{2}$  bis 2 Zoll beträgt. An irgend einer Stelle der Peripherie dieses Kreises mache man mit einer feinen Stecknadel drei Löcher, von denen jedes  $1\frac{1}{2}$  bis 2 Linien von dem andern entfernt ist. Das Centrum durchsteche man ebenfalls. Man halte nun das Papier gegen das Licht. Am besten stellt man den Versuch in einem nur durch ein Kerzenlicht erleuchtetem Zimmer an. Nun visire man mit einem oder mit beiden Augen (besser aber, namentlich im Anfange, nur mit einem Auge) das Löchelchen im Centrum des Kreises; vorher aber vergewissere man sich, ob die drei Löcher in der Peripherie alle gleich erleuchtet sind, was man am besten dadurch bewerkstelligt, daß man die Lichtstrahlen nicht unmittelbar auf sie fallen läßt, sondern die Flamme mit einem Schirme von milchweißem Glase deckt; ferner halte man das Papier in einer Entfernung vom Auge, worin noch deutliches Sehen möglich ist, d. h. nicht zu nahe. Das Papier so wie der Kopf müssen unverrückt stehen; daher es besser ist, jenes auf ein Stativ zu befestigen und diesen auf die Arme zu stützen. Be-

achtet man nun bei fortwährendem Fixiren des Centrallochs die in der Peripherie befindlichen Löcher, so bemüht man sich vergebens, mehr als zwei zu unterscheiden. Läßt man den Blick langsam von dem Centralloch zu den peripherischen hingleiten, so erscheint das dritte, vorher nicht sichtbare, noch ehe man die Sehaxe darauf gerichtet hat, wieder, und man überzeugt sich, daß das nun erst sichtbar gewordene das mittlere ist. Man kann diesen Versuch auf manigfache Weise verändern, indem man den Kreisen verschiedene Gröfsen giebt, oder die peripherischen Löcher in verschiedene Entfernungen von einander setzt. Das Resultat Aller ist: Je größer, bei gleichbleibender Entfernung des Papiers vom Auge, der Kreis ist, und je näher die peripherischen Löcher bei einander liegen, um so mehr derselben werden unsichtbar bei der Fixirung des Centrallochs. So wird man, wenn man in den obigen Kreis, statt drei Löcher, vier sticht, diese aber näher zusammenrückt, so daß diese vier zusammen nur einen eben so großen Bogen einnehmen als jene drei, auch nur zwei Löcher sehen, und man wird finden, daß die beiden mittleren unsichtbar wurden. Was den Versuch erschwert, ist, daß man oft, ja gewöhnlich, gar kein Loch deutlich sieht, daß man keine Gränze zwischen den hellen und dunkeln Räumen wahrnehmen kann. In diesem Falle darf man nur den Kopf um ganz Weniges zur Seite neigen, und augenblicklich erscheinen die Löcher in bestimmten Umrissen und verminderter Zahl. Visirt man mit beiden Augen zugleich, so gelingt, wenigstens begegnet mir dies, der Versuch weniger, weil durch unwillkürliches Schielen Doppelbilder entstehen.

Aus den vorstehenden Versuchen lassen sich folgende Resultate ziehen: Die Peripherie eines Kreises von  $1\frac{1}{2}$ " bis 2" Halbmesser, ganz aus der Nähe betrachtet, kann als ein großer Gesichtsgegenstand gelten, der also mit einem Blicke auf dessen Centrum in seiner To-

talität als Kreis genau erkannt werden kann. Nicht so ist es aber mit kleineren Theilen seiner Peripherie. Denkt man sich diese in lauter kleine Theile von der Gröfse eines Nadelloches getheilt, so lehrt der obige Versuch, in welchem die Zwischenräume zwischen den Löchern etwa 4 Mal so grofs als diese waren, dafs von je 11 solchen Theilen nur etwa 6 gesehen werden; folglich werden von jener Peripherie, sobald der Blick auf ihrem Centrum ruht, auch nur  $\frac{6}{11}$  (annäherungsweise versteht sich) gesehen, die anderen  $\frac{5}{11}$  sind gänzlich unsichtbar. Wenn dieser Schluss richtig wäre, könnte man einwenden, müfste jene Kreislinie unterbrochen gesehen werden. Dieser Einwand ist leicht zu beseitigen. Wenn nämlich  $\frac{5}{11}$  jener Kreislinie nicht gesehen werden, so fallen die Bilder dieser Theilchen auf Parthieen der Retina, wo keine auf den Lichteindruck reagirenden Nerven-Elemente liegen. Diese sind also in der Gegend der Retina, auf welche das Bild der Kreislinie fällt, nicht dichtgedrängt gestellt. Es läfst sich aus dem obigen Versuche entnehmen, *dafs die den Lichteindruck unmittelbar aufnehmenden nervösen Elementartheile um so weiter auseinanderstehen, je weiter sie von dem Axenpunkte der Retina entfernt sind.* Die Perceptionen werden dadurch allerdings unterbrochen; allein man wird sich beim gewöhnlichen Sehen dieser Unterbrechungen nicht bewusst, weil die Action keines einzigen des Empfindungseindrucks fähigen Theilchens intercipirt wird, so dafs, obwohl das auf der Netzhaut entworfene Bild nicht vollständig empfunden wird, dennoch von einem Fehlenden keine Vorstellung entstehen kann. Denkt man sich einige, den Empfindungseindruck empfangende Theilchen gelähmt, dann erst wird das Sehen ein unterbrochenes, denn jetzt erst kommt die Vorstellung eines Fehlenden zu Stande. Obwohl das Bild der Kreislinie oder überhaupt eines grofsen Gegenstandes nur theilweise percipirt wird, so thut dies doch der Vollständigkeit der Vor-



stellung des Bildes keinen Eintrag, weil die unsichtbaren Theile desselben den sichtbaren vollkommen gleich sind, beide sind Punkte (von derselben Gröfse) einer und derselben geraden oder krummen Linie, und die Hälfte aller Punkte dieser Linie giebt, wenn die andere Hälfte, die unsichtbaren Punkte, mit den sichtbaren alterniren, eben so gut eine Vorstellung dieser Linie als die Summe aller Punkte. Befinden sich im Gesichtsfelde außerhalb dessen Mitte kleine Objecte, und bestehen deren Umrisse aus geraden Linien, so kann eine solche so klein seyn, daß sie einem unsichtbaren Theil einer großen Linie an Länge gleich kommt; — sie wird also gar nicht gesehen; — oder sie ist etwa noch einmal so lang, — dann wird sie nur zur Hälfte gesehen; — oder es kann auch der Winkel, in welchem zwei gerade Linien zusammenstoßen, nebst einem Theile beider Schenkel unsichtbar bleiben etc. Bei so unvollständiger Perception des Bildes ist eine Ergänzung durch die Vorstellung gar nicht möglich; eben so wenig ist es möglich, wenn die Umrisse Curven von verschiedener Gestalt darstellen, — überhaupt um so weniger möglich, je unregelmäßiger die Figuren sind.

Trotz vieler, mühevoller mikroskopischer Untersuchungen wollte es den in diesem Felde der Forschung erprobten Männern noch nicht gelingen, die den Licht-eindruck empfangenden und dagegen reagirenden nervösen Elementartheile fest zu bestimmen, geschweige denn ihre Anordnung zu erkennen. Das, was Treviranus dafür nahm, die von ihm sogenannten Papillarkörper, wurde von späteren Forschern gar nicht als Nervensubstanz anerkannt, sondern vielmehr als eine, noch hinter der eigentlichen Nervensubstanz gelegene, aus Stäben bestehende Schicht der Netzhaut angesehen. Diese Stäbe sind an ihrer, der Choroidea zugewendeten, Fläche mit Pigment umkleidet. Vielleicht läßt sich schon der Nutzen dieser Stäbchenschicht ahnen. Die hinter der Retina ge-

legene Pigmentschicht saugt vielleicht nicht alle Strahlen ein, sondern reflectirt einzelne. Gewiss ist das bei Albinos und in Thieraugen der Fall, deren Pigment nicht tief schwarz ist. Denkt man sich die Pigmentschicht eben, glatt, so kehren die reflectirten Strahlen wieder zur Nervensubstanz zurück, berühren diese aber meist an einer andern Stelle als bei ihrem Einfallen. Dadurch könnte Verwirrung im Sehen herbeigeführt werden; dem beugt die Stäbchenschicht vor. Denn ein in einen Stab eingedrungener Lichtstrahl kann, wenn er auch auf dessen hinterer Oberfläche reflectirt wird, doch nicht nach der ersten und vielleicht zweiten Reflexion wieder zurück, er muß also mehrere Male auf die Pigmentschicht fallen, und seine vollständige Einsaugung von Seiten der letzteren wird dadurch begünstigt.

### III. *Untersuchungen über die Elasticität und Cohäsion der Metalle; von Hrn. Wertheim.*

(*Compt. rend. T. XV p. 110.* — Vom Verf. gelieferter Auszug seiner Abhandlung.)

In einer großen Zahl von Untersuchungen, die über die mechanischen Eigenschaften der Körper unternommen worden sind, haben sich die Experimentatoren meistens darauf beschränkt, die von der Analyse im Voraus gegebenen Gesetze zu bestätigen oder die als Baumaterialie angewandten Substanzen zu untersuchen. Während man demnach einerseits die Gesetze der kleinen Formveränderungen und der Vibrationen als vollkommen bekannt ansehen kann, und andererseits das Eisen, den Stahl, die Hölzer und Steine mit Sorgfalt studirt hat, sind dagegen die mechanischen Eigenschaften der Körper überhaupt und die Gesetze der Verschiebungen ihrer Theilchen,

wenn diese Verchiebungen gegen die Abstände der Theilchen nicht mehr sehr klein sind, fast gänzlich vernachlässigt.

Die Beständigkeit oder Veränderlichkeit des Elasticitäts-Coëfficienten in einer und derselben, unter verschiedene Umstände versetzten Substanz, die Aenderungen, welche die mechanische Behandlung, das Anlassen, eine Temperatur-Erhöhung darin hervorbringen können, das Verhältniß zwischen der theoretischen und wirklichen Geschwindigkeit des Schalls, die Gesetze der bleibenden Verchiebungen und der verschiedenen Gleichgewichtslagen, das Daseyn einer wahren Elasticitätsgränze und eines Verlängerungs-Maximums, endlich die Zahlenwerthe aller dieser Größen und ihre Verknüpfung mit der chemischen Natur der Körper <sup>1)</sup>, liefern eben so viele Aufgaben, die noch nicht von den Physikern behandelt oder im abweichenden Sinn gelöst worden sind.

In dieser ersten Abhandlung, welche ich dem Urtheile der Academie zu unterwerfen die Ehre habe, beschäftige ich mich nur mit einfachen Metallen. In der geschichtlichen Uebersicht der bisherigen Arbeiten erinnere ich zunächst an die Versuche über die Beständigkeit des Elasticitäts-Coëfficienten. Coulomb und Lagerhjelm fanden für Eisen und Stahl von demselben

- 1) Einige Monate, nachdem ich die am Schlusse dieses Aufsatzes beigefügte Note bei der Academie deponirt hatte, hat Hr. Masson derselben eine Abhandlung überreicht, in der er sowohl durch eigene Versuche mit Eisen, Kupfer und Zink, als durch Chladni's Versuche über Zinn und Silber folgendes Gesetz aufstellt: Die Elasticitäts-Coëfficienten einfacher Körper multiplicirt mit einem Multiplum oder Submultiplum ihrer Aequivalente, geben eine constante Zahl. Hr. Masson selber schreibt diese Thatsache nur dem Zufall zu (*Annal. de chim. et de phys. Ser. III T. III p. 45.* — *Annal. Bd. LVI S. 157*). Ich habe also nicht geglaubt darauf zurückzukommen zu brauchen. Man begreift übrigens, daß man immer eine gewisse Uebereinstimmung erhalten kann, wenn man die zur Multiplication oder Division der Atomgewichte erforderlichen ganzen Zahlen willkürlich nimmt.

Stück, welcher mechanischen Behandlung sie auch unterworfen worden, denselben Elasticitäts-Coëfficienten. Hr. Poncelet dagegen, sich stützend auf die Gesammtheit der bekannten Resultate, nimmt diese Beständigkeit nicht einmal für das Eisen an. Die übrigen Metalle sind in dieser Beziehung noch nicht untersucht.

Gerstner schließt aus seinen Versuchen mit Eisendrähten, daß der Elasticitäts-Coëfficient derselbe bleibe in den verschiedenen Gleichgewichtslagen des Drahts.

Mit Vernachlässigung der Unterschiede, die wegen Verschiedenheiten in der Dichte und wegen Unreinheit bei einem selben Metalle stattfinden können, sind die Elasticitäts-Coëfficienten bestimmt für Blei, Zink, Silber, Platin, Kupfer, Eisen und Stahl, von Coulomb, Tredgold, Barlow, Young, Rennie, Navier, Lagerhjelm, Leslie, Gerstner, Séguin, Martin, Savart, Weber, Ardant und der K. Hannöverschen Commission.

Chladni hat die Schallgeschwindigkeit bestimmt beim Eisen, Kupfer, Silber und Zinn, Savart beim Eisen, Stahl und Kupfer, Masson beim Zink und silberarmen Blei.

Diese Resultate bilden fast die Gesammtheit unserer experimentellen Kenntnisse über die Elasticität in gewöhnlicher Temperatur. Die Veränderungen, welche die Elasticität durch Temperatur-Erhöhung erleidet, sind noch nicht studirt worden.

Die Untersuchungen über die Cohäsion der Metalle sind weit zahlreicher, allein schon wegen ihrer Natur weniger geeignet übereinstimmende Resultate zu geben. Sie alle zu nennen würde zu weit führen. Ich bemerke nur, daß der Einfluß des Anlassens auf die Cohäsion von den HH. Dufour, Baudrimont und Karmarsch untersucht worden ist, der der Temperatur-Erhöhung auf die Cohäsion des Eisens von den HH. Tredgold, Trémery, Poirier und Dufour. Endlich haben die HH.

Mi-

Minard und Desormes die Abnahme kennen gelehrt, welche die Cohäsion des Bleis, Zinns und Kupfers durch die Wärme erleidet.

Meine Versuche erstrecken sich auf homogene Metalle, die ich selbst reducirt, oder, wenn sie nicht vollkommen rein zu erhalten waren, analysirt habe. Es waren: Blei, Zinn, Kadmium, Gold, Silber, Zink, Platin, Kupfer, Eisen und Stahl. Jedes wurde, wenn es geschehen konnte, zuvörderst gegossen, dann ausgehämmert, und ausgezogen und endlich angelassen. In jedem dieser Zustände wurde seine Dichtigkeit genommen, dann sein Elasticitäts-Coëfficient und die entsprechende Schallgeschwindigkeit nach drei verschiedenen Methoden bestimmt, durch transversale Schwingungen, longitudinale Schwingungen und durch die Verlängerung.

Die Zahl der transversalen Schwingungen in einer Secunde wurde nach Hrn. Duhamel's Methode des Aufzeichnens bestimmt <sup>1)</sup>. Ein elastisches Häkchen, am Ende des zu untersuchenden Stabes befestigt, hinterläßt einen Eindruck auf eine mit Kienrufs überzogene Scheibe. Da es mir nicht gelingen wollte, dieser Scheibe eine gleichförmige Bewegung zu geben, so bestimmte ich die Dauer der Schwingungen indem ich die Schwingungen des Stabes verglich mit denen einer normalen Stimmgabel, die von Hrn. Marloye verfertigt war und genau 256 Schwingungen in der Secunde machte. So liefs sich die Zeit wenigstens bis auf  $\frac{1}{2560}$  Secunde bestimmen.

Die Zeit der longitudinalen Schwingungen wurde bestimmt mittelst eines Differential-Sonometers, das nach derselben Stimmgabel abgestimmt war. Von der Genauigkeit dieses Verfahrens überzeugte ich mich, indem ich die Längenschwingungen zweier Stäbe von 2 Meter Länge direct zählte. Die Unterschiede betrugen nur 3 bis 7 Vibrationen auf 1000.

Endlich wurden die Stäbe und Drähte stufenweis

1) S. 395 dieses Hefts.

vermehrten Belastungen ausgesetzt, in einem Apparat, der erlaubte selbst sehr bedeutende Lasten mit großer Leichtigkeit und ohne Stöße anzuhängen und fortzunehmen. Die gesammten Verlängerungen bestehen aus zwei Theilen, einem, der mit Wirkung der Belastung verschwindet, und einem bleibenden. Jeder dieser Theile wurde für sich gemessen mittelst eines Kathetometers, der Hundertel eines Millimeters angab. So wurde nicht nur für jede Gleichgewichtslage, welche der Stab erreichte, der Elasticitäts-Coëfficient abermals gemessen, sondern auch zugleich Alles studirt, was Bezug hat auf die Elasticitätsgränze, das Verlängerungs-Maximum und die Cohäsion. Nach dem Reißen wurden Dichtigkeit und Elasticität der Stücke abermals untersucht. Endlich wurden alle Versuche über die Verlängerung bei 100° und 200° C. wiederholt.

Aus dem Ergebniss dieser Versuche lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

1) Der Elasticitäts-Coëfficient ist nicht constant für ein und dasselbe Metall; alle Umstände, welche die Dichtigkeit erhöhen, vergrößern auch ihn, und so umgekehrt.

2) Die longitudinalen und transversalen Schwingungen führen fast zu dem nämlichen Elasticitäts - Coëfficienten.

3) Die Schwingungen führen zu größeren Elasticitäts-Coëfficienten als die Verlängerungen; dieser Unterschied entspringt aus der von der entwickelten Wärme bewirkten Beschleunigung der Bewegung.

4) Der Ton in starren Körpern rührt demnach von Wellen mit Condensation her, und man kann sich, mittelst der von Hrn. Duhamel gegebenen Formel, des Verhältnisses zwischen der theoretischen und wirklichen Schallgeschwindigkeit bedienen, um das Verhältniss der specifischen Wärme unter constantem Druck zu der bei constantem Volum zu finden. Diefes Verhältniss ist bei den angelassenen Metallen größer als bei den nicht angelassenen.

5) Der Elasticitäts - Coëfficient nimmt ab mit Er-

höhung der Temperatur, in einem schnelleren Verhältniß als sich aus der entsprechenden Ausdehnung ergibt.

6) Die Magnetisirung ändert die Elasticität des Eisens nicht merklich.

7) Die Verlängerung von Stäben und Drähten durch Belastung ändert deren Dichte nur sehr wenig. Der Elasticitäts-Coëfficient darf also in den verschiedenen Gleichgewichtslagen auch nur wenig verschieden seyn, und wirklich ist dieß der Fall, sobald die Belastungen sich nicht sehr derjenigen nähern, welche das Reißen bewirkt. Das Gerstner'sche Gesetz bestätigt sich also bei allen Metallen, die, nach Ueberschreitung ihrer Elasticitätsgränze, noch beinahe eine Gleichgewichtslage erreichen.

8) Die bleibenden Verlängerungen geschehen nicht sprungweise, sondern stetig. Durch zweckmäßige Abänderung der Größe und Dauer der Belastung kann man jede beliebige bleibende Verlängerung hervorbringen.

9) Es giebt keine wahre Elasticitätsgränze; und wenn man bei den ersten Belastungen keine bleibende Verlängerung beobachtet, so geschieht dieß nur, weil man sie nicht lange genug hat wirken lassen, und weil der zum Versuch genommene Stab zu kurz ist für den Genauigkeitsgrad des angewandten Meßwerkzeugs.

Die Werthe des Verlängerungs-Maximums und der Cohäsion hängen auch sehr von der Verfahrungsweise ab; man findet sie desto größer, je langsamer man die Belastungen vermehrt.

Man sieht, wie viel Willkürlichem die Bestimmung der kleinsten und größten bleibenden Verlängerung unterworfen ist, und man kann nicht, mit Hrn. Lagerhjelm, auf ihre Werthe ein Gesetz begründen.

10) Der Widerstand beim Reißen wird durch das Anlassen bedeutend vermindert. Eine Temperatur-Erhöhung bis 200° C. vermindert nicht die Cohäsion der zuvor angelassenen Metalle.

Nach dieser rein experimentellen Arbeit suchte ich

ein Verhältniß zwischen dem Elasticitäts-Coëfficienten, dem einzigen mechanischen, wahrhaft wissenschaftlichen Datum, und der Molecular-Constitution, um die Resultate der Rechnung mit denen der Erfahrung zu vergleichen. Poisson hat für den Elasticitäts-Coëfficienten folgenden Ausdruck gefunden:

$$q = \frac{\pi}{g} \sum_{r=\alpha}^{r=\infty} \frac{r_s}{\alpha^5} \cdot \frac{d \frac{1}{r} f r}{d r}$$

in welchem  $\alpha$  den mittleren Abstand der Atome und  $r$  den Radius des Wirkungskreises eines Molecüls bezeichnet, und die Function  $f r$  die Resultante der gleichzeitigen Wirkung der molecularen Anziehungskraft und der aus der Wärme entspringenden Abstofsungskraft.

Um  $\alpha$  zu finden, nehme ich an, das Gewicht eines jeden Molecüls werde ausgedrückt durch sein Atomgewicht, eine Hypothese, die bekanntlich durch Dulong und Petit's, Avogadro's, Regnault's und Baudrimont's Untersuchung über die specifische Wärme Wahrscheinlichkeit erlangt hat.

Die relative Anzahl der in einem gleichen Volum enthaltenen Atome bekommt man also, wenn man das spec. Gewicht durch das Atomgewicht dividirt. Die umgekehrte Kubikwurzel aus dieser Zahl ist das Maafs des Abstandes der Molecüle eines jeden Metalls in seinen verschiedenen Zuständen, d. h. der Werth von  $\alpha$ . Unbekannt in der Formel bleibt also nur die Function  $f r$ , die man aus derselben abzuleiten versuchen kann.

Die Folgerungen aus dieser Formel sind:

1)  $q$  muß, mit Abnahme von  $\alpha$ , zunehmen und umgekehrt. Aus der vierten Tafel in meiner Abhandlung ersieht man, daß dies wirklich der Fall ist. Allein die Condensationen und Dilatationen, die wir durch mechanische Mittel hervorbringen können, sind zu klein als daß man das Verhältniß zwischen den Aenderungen von  $\alpha$  und  $q$  mit Sicherheit daraus ableiten könnte. Jedoch



ist das Product  $qa^7$  für ein und dasselbe Metall sehr nahe constant.

Mit Steigerung der Temperatur nimmt der Elasticitäts-Coëfficient so rasch ab, daß das Product  $qa^7$  immer kleiner ist als bei gewöhnlicher Temperatur. Die Function  $fr$  muß also die Temperatur einschließen.

2) Die verschiedenen Metalle folgen derselben Ordnung in Nahheit der Molecüle, in den Elasticitäts-Coëfficienten und in der Fähigkeit den Schall zu leiten, rücksichtlich seiner Intensität. (Dieses letztere ist nur annähernd durch die Versuche von Perolle bekannt.)

Bloß das Platin stellt sich, was den Elasticitäts-Coëfficienten betrifft, zwischen Kupfer und Eisen, und, was den Abstand seiner Molecüle anlangt, zwischen Zink und Kupfer.

3) Das Product aus dem Elasticitäts-Coëfficienten in die siebente Potenz des relativen mittleren Abstandes der Molecüle ist für die meisten Metalle gleich. Diese Uebereinstimmung ist so vollständig, als man es nur verlangen kann, beim Blei, Kadmium, Gold, Silber, Zink und Eisen; allein Kupfer giebt ein etwas geringeres Product, dagegen Zinn, so wie Platin, ein weit höheres als die übrigen Metalle.

Wäre diese Uebereinstimmung allgemein, so würde daraus folgen, daß die Resultante der molecularen Anziehungskraft und Wärme-Abstoßungskraft abnahme umgekehrt wie die fünfte Potenz der Abstände.

Allein diese Uebereinstimmung bestätigt sich nicht bei allen Metallen. Die Versuche beweisen nur, wie man es in den Rechnungen voraussetzt, daß diese Resultante wirklich weit schneller als im umgekehrten Verhältniß des Quadrats der Abstände abnimmt.

Versiegelte Notiz, welche der Academie am 19. Juli 1841 von Herrn Wertheim übersandt, und nach Lesung des vorstehenden Auszugs geöffnet wurde.

Im Allgemeinen nehmen die Physiker an, das Atomgewicht stelle das wahre Gewicht der Molecüle vor, und die Durchmesser der Molecüle seyen zu vernachlässigen gegen die sie trennenden Abstände. Man erhält also für die einfachen Körper die Anzahl der in der Volumeinheit enthaltenen Molecüle, wenn man ihr specifisches Gewicht durch ihr Atomgewicht dividirt; auf gleiche Weise gelangt man für zusammengesetzte Körper zur Kenntniß ihrer Molecular-Anordnung.

Nun muß die Anziehungskraft nothwendig eine Function der Entfernung seyn, eine Function, die allein erfahrungsmäßig gefunden werden kann, und die zur Kenntniß der Gesetze der Cohäsion, der Elasticität und der Schallgeschwindigkeit führen wird. Die in folgender Tafel enthaltene Zusammenstellung, die ich schon vor vier Jahren Hrn. v. Éttingshausen in Wien mittheilte, beweist in der That den innigen Zusammenhang dieser vier Größen.

Die erste Spalte enthält das specifische Gewicht der gegossenen Metalle, die zweite das Atomgewicht derselben, dabei das des Sauerstoffs = 1 genommen, die dritte endlich die Anzahl der Atome in der Volum-Einheit. Die Atomgewichte sind die Berzelius'schen, mit Ausnahme des vom Silber, welches, gemäß den von HH. Du-long und Petit, so wie von Hrn. Regnault angestellten Versuchen über die specifische Wärme, auf die Hälfte reducirt worden ist.

	Spec. Gewicht	Atomen- Gewicht	Atomen- Anzahl	Widerstand beim Reissen. In Millimet. d. Extension nach Guyton Morseau d. Compress. nach Renne	Elasticitäts-Coeffi- cient nach Tredgold.	Schallgeschwindig- keit nach Chladni
Blei	11,352	12,94498	0,8769	0,022	145	600
Zinn	7,285	7,35294	0,9907	0,063	620	3200
Gold	19,258	12,43013	1,5493	0,274		7,5
Silber	10,542	6,75803	1,5599	0,341		9,0
Zink	6,861	4,03226	1,7015	0,199 <sup>1)</sup>	9600	
Platin	21,530	12,33499	1,7454	0,499		
Kupfer	8,850	3,95695	2,2365	0,550	3855	12,0
Eisen	7,788	3,39205	2,2959	1,000	20000	17,0

1) Das Zink zeigt einen kleineren Widerstand als es nach seiner Atomen-Anzahl haben sollte; diese Abweichung läßt sich aber wohl der Unreinheit des Metalls oder dem krystallinischen Zustand desselben zuschreiben.

Bemerken wir noch, daß, nach Perolle, die Metalle, hinsichtlich ihrer Leitungsfähigkeit für Schallstärke in folgender Ordnung stehen: Blei, Zinn, Gold, Silber, Kupfer, Eisen.

Der Diamant endlich, der härteste unter den einfachen Körpern, enthält fast zwei Mal so viel Molecüle als das Eisen. Seine Atomen-Anzahl ist 4,668 bis 4,708. Man erhält diese Zahlen indem man die Extreme seines specifischen Gewichtes, 3,501, bis 3,531, durch 75, das neuerlich von Hrn. Dumas bestimmte Atomgewicht, dividirt.

Man sieht, daß bei den bisher untersuchten einfachen Körpern die Cohäsion, Elasticität und Leitungsfähigkeit des Schalls, sowohl rücksichtlich der Geschwindigkeit als der Stärke desselben, desto größer sind als, bei gleicher Temperatur, die Theilchen dieser Körper näher aneinanderliegen.

Allein diese Versuche sind lange nicht genau genug, als daß sie den Rechnungen zur Grundlage dienen könnten. Man untersuchte nur wenige, und dazu chemisch unreine Metalle, durch die Methoden des Ausziehens und Reißens, die mir zur Erforschung der Molecularkräfte weniger geeignet zu seyn scheinen als die Methoden der Schwingungen. In dieser Absicht beschäftige ich mich jetzt mit Versuchen über die Schwingungen von Stäben aus chemisch reinen Metallen, deren Resultate ich mich beehren werde der Academie vorzulegen.

IV. *Schwingungen einer biegsamen, mit einem  
Läufer beschwerten Saite; von Hrn. Duhamel.*

(*Compt. rend. T. XI p. 15.*)

Untersuchungen, mit denen ich heute die Academie nicht zu unterhalten gedenke, haben mich zum Studium der Gesetze geführt, nach welchen die Querschwingungen von Saiten und Stäben abgeändert werden, wenn man an irgend einem Punkt derselben eine Masse befestigt, die in einem willkürlichen Verhältnisse zu ihnen steht. Diese Aufgabe, die sich mir anfangs nur nebenbei darbot, schien mir wichtig genug, um speciell behandelt zu werden, um so mehr als sie die Theorie der bei gewissen musikalischen Instrumenten angewandten *Läufer* einschließt. Die Abhandlung, welche ich dem Urtheile der Academie unterwerfe, enthält denjenigen Theil dieser zugleich theoretischen und experimentellen Untersuchungen, der sich auf vollkommen biegsame Saiten bezieht. Derjenige, welche die elastischen Stäbe betrifft, wird Gegenstand einer zweiten Abhandlung seyn.

Es ist gut zuvörderst zu bemerken, daß dies Problem wesentlich abweicht von demjenigen, welches die Mathematiker sich bei ihren ersten Arbeiten über die schwingenden Saiten gestellt hatten. Sie betrachteten einen ausgespannten, unschweren Draht, der eine oder mehrere Massen trüge. Dies gab nur zu den gewöhnlichen Differential-Gleichungen Anlaß, während die Aufgabe, die ich mir hier gestellt, zu drei Gleichungen mit partiellen Differentialen führt, und auch ganz andere Gesetze liefert als man früher gefunden.

Ich betrachte eine Saite, bekannt an Länge und Gewicht, die einer constanten Spannung ausgesetzt ist, und an einem ihrer Punkte eine Masse trägt, die irgend ein

Verhältniß zu der Saite hat; und ich beabsichtige zu ermitteln, nach welchen Gesetzen der Grundton und alle möglichen harmonischen Töne dieser Saite von diesen Datis abhängen, und welche Lage die diesen harmonischen Tönen entsprechenden Knoten besitzen.

Die allgemeine Formel für die Bewegung dieser Saite, von einem willkürlichen Anfangszustand ausgehend, besteht aus einer Unzahl von particulären Lösungen, entsprechend den verschiedenen Tönen, welche die Saite successive geben kann, aber im Allgemeinen nicht gleichzeitig giebt. Die Dauer der jedem dieser Töne entsprechenden Schwingungen, wird durch die Wurzeln einer sehr einfachen transcendenten Gleichung bestimmt.

Nimmt man an, eine und dieselbe Saite werde an demselben Punkt folgwiese mit verschiedenen Massen belastet, so erhöht sich der Grundton proportional der ersten Wurzel dieser Gleichung. Der erste harmonische Ton steigt proportional der zweiten Wurzel, und im Allgemeinen steigt ein Ton irgend einer Ordnung proportional der Quadratwurzel von derselben Ordnung.

Die Bestimmung der Wurzeln dieser Gleichung, deren Coëfficienten successive verschiedene Werthe annehmen, läßt sich auf die Construction einer einzigen Curve zurückführen; und dieses Mittel habe ich bei den Anwendungen meiner Formeln benutzt.

Dieselben Wurzeln lehren für jeden harmonischen Ton die Lage der Knoten kennen. Wenn der Anlegepunkt der Masse die Saite in zwei commensurable Stücke theilt, so sieht man sogleich, daß die Saite die harmonischen Töne geben könne, die seinen Eintheilungen in Theilen gleich dem gemeinschaftlichen Maafs und dessen Submultiplis entsprechen. Allein man würde so nur einen Theil der möglichen Töne haben, und man kann harmonische Töne haben, die der Eintheilung der Saite in eine beliebige ganze Zahl von Theilen entsprechen. Es ist leicht zu sehen, daß, da alle diese Unterabthei-

lungen Vibrationen von gleicher Dauer haben müssen, der Abstand zwischen irgend zwei aufeinanderfolgenden Knoten gleich seyn muß, ausgenommen für die beiden, zwischen welchen sich die hinzugefügte Masse befindet. Der Abstand dieser letzten, und folglich der übrigen, wird bestimmt durch die Wurzel, welche von gleichem Rang ist wie der Ton, den man betrachtet.

Läßt man die hinzugefügte Masse und die Länge der Saite proportional sich verändern, während das Verhältniß der Stücke, so wie die Spannung dieselbe bleibt, so verändert sich die Dauer der Schwingungen sowohl für den Grundton als für dessen harmonische Töne proportional der Länge, wie dies auch der Fall seyn würde, wenn die Masse fortgenommen wäre. Dies merkwürdige Resultat, welches dem von Savart für ähnliche Körper bewiesenen analog ist, beweist sich auch durch eine analoge Methode wie die, welche Hr. Cauchy für diesen Fall angewandt hat.

Nachdem ich diese Gesetze, zu welchen der Versuch offenbar nicht geführt haben würde, durch Analyse festgestellt hatte, blieb noch zu untersuchen, ob sie der genaue Ausdruck von Thatsachen wären oder einem rein idealen Problem angehörten, dessen Data sich merklich von denen entfernte, welche die Erfahrung verwirklichen könnte.

Zu dem Ende nahm ich eine homogene, sehr biegsame Saite und setzte sie einer constanten, übrigens willkürlichen Spannung aus, dabei ihren beiden festen Punkten immer dieselbe Lage lassend. Darauf heftete ich in der Mitte derselben verschiedene Massen an, und bestimmte die Verhältnisse in der Anzahl von Schwingungen, welche diese Saite in einer gleichen Zeit vollbrachte. Es wäre unmöglich gewesen, diese Zahlen mittelst der Töne zu bestimmen, da sie entweder nicht wahrnehmbar, oder zu tief waren, um sie recht zu erkennen. Ich benutzte daher ein Verfahren, welches ich vor ungefähr

15 Jahren erdacht hatte, dessen Idee aber, wie ich seitdem erfuhr, im Grunde dieselbe ist, wie die bei einem von Watt und später von Eytelwein angewandten Apparat.

Dieses Verfahren besteht darin, daß man an dem Punkt, dessen Bewegung man sucht, eine Spitze befestigt, die auf einer beweglichen Ebene eine Spur hinterläßt, ohne eine merkliche Reibung darauf hervorzu bringen. Man begreift, wie wichtig es alsdann ist, daß man die Bewegung dieser Ebene mit der äußersten Genauigkeit kenne. Allein ich habe mich dieser Nothwendigkeit überhoben, indem ich die Anzahl der von der Probe-Saite ausgeführten Schwingungen verglich mit der Anzahl derjenigen, die in derselben Zeit gemacht wurden von einer der ersten parallelen und benachbarten Saite, die immer unter denselben Umständen blieb, und folglich immer dieselbe Bewegung behielt. Die bewegliche Ebene, auf welche die Schwingungen beider Saiten sich aufzeichnen, kann alsdann eine ganz unregelmäßige Bewegung haben; nur muß sie so rasch seyn, daß alle Spuren deutlich werden; und man erkennt mit gleicher Genauigkeit die Anzahl von Schwingungen, welche sie in einer gleichen Zeit machen. Da sonach die Verhältnisse der gesuchten Zahlen zu einer und derselben Zahl bekannt sind, so ergeben sich daraus die Verhältnisse derselben zu einander, und man erkennt mithin nach welchem Gesetze die Anzahl der von der nämlichen Saite ausgeführten Vibrationen sich verändern, wenn man die in der Mitte angebrachte Masse verändert.

Bei den Versuchen, deren Resultate ich hier angeben will, hatten die Data folgende Werthe:

Länge der Saite	1,2103	Meter
Gewicht der Saite	15,4	Grm.
Gewicht der ersten Masse	6,537	-
- - zweiten -	10,000	-
- - dritten -	13,074	-

Gewicht der vierten Masse 16,537 Grm.

- - - fünften - 23,074 -

Die Verhältnisse der jeder dieser Massen entsprechenden Schwingungszahlen zu der Anzahl, welche die Saite für sich, ohne hinzugefügte Masse, ausgeführt hätte, haben nach der Formel folgende Werthe:

0,71 : 0,6334 : 0,5768 : 0,5328 : 0,4679.

Der Versuch gab:

0,71 : 0,634 : 0,5783 : 0,5327 : 0,468.

Die Ueberschüsse der letzteren über die ersteren sind also:

0 0,0006 0,0015 — 0,0001 0,0001.

Die Uebereinstimmung ist also so vollkommen als man es nur erwarten konnte.

Ich habe das von der Analyse angezeigte Gesetz auch für den Fall geprüft, dafs man die Länge der Saite proportional der Masse verändert.

Ein erster Versuch gab mir das Verhältnifs 64 : 32 oder 2 : 1 als ich die Länge der Saite, und die hinzugefügte Masse auf die Hälfte reducirte. Das Resultat war also ganz der Theorie gemäß. Bei einem anderen Versuch, bei dem ich die Länge der Saite und das Gewicht der ursprünglichen Masse verdoppelte und verdreifachte, erhielt ich drei Zahlen, die proportional waren den folgenden:

1,573 : 0,781 : 0,516

die Theorie hätte gegeben:

1,573 : 0,786 : 0,524

die Unterschiede sind also:

0,005 0,008.

Auch diese sind noch sehr gering, wenn gleich etwas gröfser als die früheren. Letzteres rührt vielleicht davon her, dafs die Länge der Saite variirte, und dafs die Ursachen zu Unrichtigkeiten, die sich an ihren Enden vorfinden, nicht in gleichem Verhältnifs die Schwingungszahl abändern. So weifs man in Betreff der Me-



tallsaiten, die nicht als vollkommen biegsam betrachtet werden können, daß sie bei Verkürzung auf die Hälfte nicht genau die höhere Octave geben; allein die Abweichung davon wird desto geringer, je dünner die Saite in Bezug auf ihre Länge ist.

Endlich habe ich eine dritte Prüfungsweise vorgenommen, indem ich die Lagen der Knoten, wie sie von der Formel angegeben werden, verglich mit denjenigen, welche der Versuch liefert. Auch in diesem Punkt war die Uebereinstimmung so vollkommen wie bei den übrigen.

---

V. *Ueber die Schwingungen der mit irgend einer Zahl von Läufern beschwerten Saiten;*  
*von Hrn. Duhamel.*

(*Compt. rend. T. XI p. 810.*)

---

Als Taylor die erste Lösung des Problems der schwingenden Saiten gegeben hatte, betrachteten die Mathematiker, welche derselben mehr Strenge und Allgemeinheit verleihen wollten, zuvörderst einen Faden ohne Gewicht, beschwert mit einer großen Anzahl gleich großer, auf seine ganze Länge in gleichen Abständen vertheilter Gewichte. Sie nahmen hierauf an, die Zahl dieser Gewichte werde unendlich vergrößert, folglich deren Anlegepunkte einander unendlich genähert. Zu der Gränze übergehend und die Gesammtheit der Gewichte als unveränderlich betrachtend, erhielten sie einen vollkommen biegsamen Faden von einem bestimmten, auf seine ganze Länge gleichmäfsig vertheilten Gewicht, und die Formel, welche die Bewegung aller Punkte dieses Fadens regelte, bekamen sie, indem sie die Gränze derjenigen nahmen, die sich auf eine willkürliche Anzahl materieller Punkte bezog.

Nachdem sie so die Gesetze der Schwingungsbewe-

gung der Saiten bestimmt hatten, suchten sie nicht, wie dieselben abgeändert werden würden, wenn man an einer gewissen Zahl von Punkten dieser Saiten Massen befestigte, die mit in deren Bewegung gezogen werden würden. Sie haben diese Massen oder *Läufer* niemals anders betrachtet als in dem Fall, wo sie an einem Faden ohne Schwere befestigt waren. Vielleicht haben die Physiker einige Versuche über die Bewegung der mit Läufern beschwerten Saiten oder Stäbe gemacht, aber sie haben dieselben nicht veröffentlicht, ohne Zweifel weil sie kein einfaches Gesetz entdeckten. In der That werde ich beweisen, daß sie, wie scharfsinnig sie auch seyn und wie viele genaue Versuche sie auch anstellen mochten, doch nie die Gesetze dieser Erscheinungen entdecken konnten.

Obwohl diese Untersuchungen an sich recht interessant sind, so unternahm ich dieselben doch nur bei Gelegenheit einer anderen Aufgabe, zu welcher sie durchaus nothwendig waren. Diese Aufgabe, mit welcher ich die Academie ein anderes Mal zu unterhalten gedenke, bezieht sich auf eine vor längerer Zeit von Savart beschriebene Thatsache, die auf die Mittheilung von Schwingungsbewegungen Bezug hat. Für den Augenblick betrachte ich diese Erscheinungen an sich, unabhängig von den Anwendungen, die man von ihnen machen kann.

In einer Abhandlung, die ich die Ehre hatte vor einigen Monaten der Academie vorzulegen <sup>1)</sup>, behandelte ich den Fall mit einem einzigen Läufer, und zeigte die merkwürdige Uebereinstimmung zwischen Theorie und Erfahrung.

In der gegenwärtigen Abhandlung betrachte ich eine beliebige Zahl von Läufern von ungleicher Masse und willkürlicher Vertheilung längs der Saite, und für den Fall, daß diese Zahl auf zwei reducirt sey, habe ich alle Rechnungen vollständig ausgeführt. Für gleiche

1) Siehe den vorhergehenden Aufsatz.

Werthe der Data ist das System einer Unendlichkeit einfacher Bewegungen fähig, entsprechend den verschiedenen Tönen und den verschiedenen Knotenabtheilungen. Diese Reihen von Bewegungen und harmonischen Tönen werden bestimmt durch die Wurzeln einer transcendenten Gleichung, welche wenig complicirt ist, und sogar für den Fall, daß die beiden Läufer gleiche Masse haben und die Saite in gleiche Stücke theilen, sehr einfach wird. Es ist zu bemerken, daß es in einer Unzahl von Fällen, zu denen dieser letztere gehört, einfache Bewegungen giebt, die nicht von den Wurzeln der transcendenten Gleichung abhängen, und ich zeige, wie man sie gesondert bestimmen kann. Sie zu vernachlässigen, würde übrigens den größten Uebelstand haben, weil sie, wie die übrigen, in den Ausdruck für die Bewegung bei einem willkürlichen Anfangszustand eintreten müssen.

Dieser Anfangszustand besteht in den Lagen und Geschwindigkeiten aller Punkte zu Anfang der Bewegung. Diefes ist eins der Data, die man gewöhnlich bei Anwendungen des Calcüls in der Physik voraussetzt. Allein ich mußte die Aufgabe noch unter einem anderen Gesichtspunkte auffassen, und annehmen, daß die Bewegung dem System mittelst eines Geigbogens eingeprägt seyn könnte, und nicht durch eine bloße Ausbiegung aus der Gleichgewichtslage. Nach der Theorie, die ich in einer von der Academie begutachteten Abhandlung über den Geigbogen gegeben habe, bin ich darauf geführt worden die Bewegung einer Saite zu berechnen, die mit Läufern beschwert ist und von constanten, auf ihrer Länge willkürlich vertheilten Kräften angeregt wird. Es entspringt daraus ein analoges Theorem, wie das, welches ich für den Fall einer einfachen Saite bewiesen habe, und welches die Bewegung auf diejenige zurückführt, die ohne äußere Kräfte stattfinden würde, indem ich es bezog auf die Gleichgewichtslage der Saite unter dem Einfluß dieser Kräfte.

Da die Gesetze, zu denen ich durch die Analyse geführt ward, nur entfernte Deductionen aus den Daten sind, die zum Ausgangspunkt dienten, so konnte man fürchten, daß sie von denen, welche die Erscheinungen wirklich befolgen, verschieden seyen. Es war daher unumgänglich nothwendig sie durch vielfältige Versuche zu prüfen.

Ich wählte zu diesen Versuchen eine Hanfschnur, weil sie biegsamer ist als ein Metalldraht und selbst als eine Darmsaite von gleicher Masse. Länge und Masse derselben, so wie Masse der Läufer waren solche, wie sie in dem Rechnungsbeispiel angenommen wurden, um dessen Bestätigung es sich handelte. Ich bezeichnete auf dieser Hanfschnur die Punkte, die von dieser Rechnung als Knoten, entsprechend den verschiedenen harmonischen Tönen und den verschiedenen einfachen Bewegungen, welche die Saite fähig war, angezeigt wurden. Um hierauf diejenigen zu verificiren, die sich auf eine selbe Bewegung bezogen, legte ich auf sie leichte Gegenstände, welche die Mittheilung der Bewegung von einem Theil zum andern nicht hinderten, und liefs den Bogen folgweis auf jede von ihnen wirken. Der Ton war sehr deutlich, und in jeder Unterabtheilung der Saite der nämliche, wie es seyn mußte, wenn die berührten Punkte wirklich die einem selben harmonischen Ton entsprechenden Knoten waren. Und überdieß, wenn man einen einzigen berührte und die Schnur in Schwingung versetzte, schienen die übrigen unbeweglich, während alle intermediären Punkte in einer leicht wahrzunehmenden Bewegung begriffen waren.

Allein diese Verificationen würden ungenügend seyn, besonders diejenigen, die darin beständen, die Unbeweglichkeit der von der Theorie nachgewiesenen Punkte mit bloßem Auge zu erkennen. Und was die deutlichen und identischen Töne betrifft, welche die verschiedenen Theile der Saite bei leichter Berührung mehrer entsprechender

Kno-

Knoten liefern, so würden sie nicht geändert werden, wenn man Punkte in geringem Abstände von den ersten berührte, weil die natürliche Tendenz zur Regelmäßigkeit die Bildung von Knoten herbeiführen würde, welche am besten mit der Fast-Unbeweglichkeit der berührten Punkte übereinstimmen könnten. Es war daher nothwendig sich direct zu versichern, ob die Anzahl der von den verschiedenen Theilen der Saite ausgeführten Schwingungen auch die sey, welche der Calcül nachweist.

Zu dem Ende wandte ich zwei verschiedene Methoden an. Die eine bestand in der Ermittlung der musikalischen Intervalle, welche den von der Saite ohne Läufer gegebenen Ton trennten von denen, welche sie belastet gab. Die andere, welche ich schon in dem Fall eines einzigen Läufers anwandte, bestand darin, daß ich mittelst einer an der Saite befestigten Spitze die Zahl von Schwingungen zählte, welche sie in derselben Zeit machte, da eine andere Saite eine bestimmte Anzahl vollbrachte. Ich begnüge mich mit dieser Andeutung, da ich sie in der früheren Abhandlung beschrieben habe. Sie war mir besonders nützlich für die sehr tiefen Töne, welche oft schwer zu bestimmen sind, um so mehr als die Saite mehrere Töne zugleich geben kann, und der tiefste Ton sich bisweilen so wenig merkbar macht, daß man ihn ganz überhören kann und an seiner Statt den tiefsten Ton nimmt, welchen man hört, welcher aber nicht der gesuchte ist.

Die Werthe, die ich sonach für die durch  $r$  und  $R$  bezeichneten Verhältnisse erhalten habe, sind folgende:

$$\begin{array}{lll} r_1 = 1,4322 & r_2 = 0,263 & r_3 = 0,1586 \\ R_1 = 0,7625 & R_2 = 0,296 & R_3 = 0,151. \end{array}$$

Die Unterschiede zwischen diesen und den von der Theorie angezeigten Werthen sind:

$$\begin{array}{lll} +0,0005 & -0,0088 & -0,004 \\ +0,005 & -0,01 & -0,005. \end{array}$$

Man sieht, sie alle sind sehr klein, und, sowohl in dem Zeichen als in der Grösse, ohne Regelmässigkeit.

Andere Versuchsreihe.

Bei den vorhergehenden Versuchen behielten die Läufer dieselbe Masse, und ich studirte die Gesetze der verschiedenen Töne, welche die Saite zu geben vermochte. Bei diesen dagegen änderte ich die Masse der Läufer, und suchte das Gesetz der Veränderung des Grundtons, d. h. des tiefsten Tons, welchen die Saite, sich selbst überlassen, geben konnte. Bei dieser Bewegung der Saite hat sie keinen Knoten, und die Dauer der Schwingung wird bestimmt durch die kleinste Wurzel der transcendenten Gleichung. Ich betrachtete folgeweise für die Masse  $\mu$  jeden Läufers die vier folgenden Werthe:

$$\mu = \frac{1}{2} \varepsilon l \quad \mu = \varepsilon l \quad \mu = \frac{3}{2} \varepsilon l \quad \mu = 2 \varepsilon l.$$

Das Verhältniß  $r_1$ , entsprechend der kleinsten Wurzel, müßte nach der Theorie folgende Werthe haben:

$$r_1 = 1,23 \quad r'_1 = 1,4317 \quad r''_1 = 1,6093 \quad r'''_1 = 1,7698$$

der Versuch gab:

$$r_1 = 1,22 \quad r'_1 = 1,4322 \quad r''_1 = 1,5972 \quad r'''_1 = 1,76935$$

Die Unterschiede sind also:

$$-0,01 \quad +0,0005 \quad -0,0121 \quad -0,00045$$

mithin sicher eingeschlossen in die Gränzen der Fehler, welche diese Versuche mit sich bringen. Sie sind verhältnißmässig geringer als die, welche den harmonischen Tönen entsprechen; und dieß rührt ohne Zweifel davon her, daß die physischen Umstände sich mehr von den mathematischen Hypothesen entfernen, sobald die Länge des schwingenden Theils, bei gleichbleibendem Durchmesser, viel geringer wird. Kurz, *die Uebereinstimmung zwischen Theorie und Erfahrung scheint mir gröfser als nöthig, um die Richtigkeit der von mir aufgefundenen Gesetze festzustellen.*

Aber hätten diese Gesetze nicht alleinig durch den Versuch entdeckt werden können, und war die Rech-

nung ein directeres und schnelleres Mittel dazu? die Antwort scheint mir nicht zweifelhaft: Der Versuch war durchaus unzulänglich! In der That, die Verhältnisse der Schwingungszahlen einer Saite, welche einer grossen Zahl von Werthen für die Massen der Läufer entsprechen, hätte er wohl kennen lehren können; allein daraus würde nur eine *Tafel*, aber kein *Gesetz* hervorgehen.

Und was würde ferner geschehen seyn, wenn man, statt blofs die Massen der Läufer zu ändern, die Anlegetpunkte derselben, die Länge, die Dichte und die Spannung der Saite geändert hätte? Gesetzt auch, diese ungeheure Arbeit wäre mit Genauigkeit ausgeführt, so ist nach meiner Analyse einleuchtend, dafs sie ganz unnütz gewesen wäre, weil diese Erscheinungen nicht den Gesetzen der geraden oder umgekehrten Proportionalität folgen, selbst bei Annahme von Bruchpotenzen. Sie hängen ab von den Wurzeln einer gewissen transcendenten Gleichung, in welche zwar die Data auf eine einfache Weise eingehen, welche aufzufinden aber durch Induction oder empirische Betrachtungen unmöglich ist.

Bei diesen, wie bei so vielen Untersuchungen, ist demnach die Analyse eine durch nichts ersetzbare Methode zum Erfinden. Von allgemeinen physikalischen Daten ausgehend, hat sie, ohne fremde Hülfe, zu einfachen und genauen Gesetzen geführt, da wo der best geleitete Versuch nur einen verworrenen Haufen besonderer Thatsachen ohne gemeinsames Band zu liefern im Stande war.

## VI. *Versuche über den Einfluss der Elasticität bei frei schwingenden Saiten; von N. Savart.*

(*Compt. rend. T. XIV p. 915.*)

Aus meinen Versuchen, sagt der Verf. am Schlusse seiner Abhandlung (die noch nicht veröffentlicht ist), geht

hervor, daß man, um die Zahl von Schwingungen zu erhalten, die eine gespannte Saite giebt, diese Saite in zwei verschiedenen Zuständen betrachten muß, zuerst als nicht elastisch, aber der Spannung unterworfen, und dann als nicht gespannt, aber elastisch. Die Summe der Quadrate der Zahlen von Schwingungen, in jeder dieser Hypothesen für sich, ist gleich dem Quadrat der Zahl von Schwingungen, welche die Saite ausführt, wenn sie zugleich elastisch und gespannt ist. Es verhält sich mit der letzten Zahl wie mit der Resultante zweier unter sich rechtwinklichen Kräfte.

Dieses Gesetz bleibt unverändert für alle Spannungen von der nullgleichen bis zu denen, welche die Saite zerreißen, und daraus folgt, daß dasselbe nicht dazu dienen kann das Moment kennen zu lehren, wo die Molecularkräfte auf dem Punkte sind nachzugeben. Alles, was ich in dieser Beziehung habe bemerken können, ist: daß die Schwingungen desto leichter werden und einen desto stärkeren und reineren Ton hervorbringen, als die Belastungen stärker sind. Mithin befinden sich diese Eigenschaften auf ihrem Gipfelpunkt, im Augenblick wo das Reißen geschieht.

Diese Betrachtung giebt zu folgender Muthmaßung Anlaß. Sobald die Belastung sehr bedeutend ist, fügt die Elasticität nur eine sehr kleine Anzahl Schwingungen zu derjenigen, welche die Spannung liefert; sie ist relativ nur eine sehr schwache Kraft, und dann allein erlangt, wie gesagt, der Ton seine ganze Reinheit. Andererseits weiß man, daß die Stäbe auch sehr reine Töne geben, und in diesem Fall ist bloß die Elasticität in Thätigkeit. Ist es daher nicht erlaubt zu glauben, daß die Natur des Tons von der Combination zweier Kräfte abhänge, und daß sie desto vollkommener sey als eine dieser Kräfte weniger Einfluß habe? Wenn dem so ist, so muß man, um reine Töne von Saiten zu erhalten, solche anwenden, welche die geringste Elasticität be-



sitzen und zugleich stark gespannt werden können. Die Darmsaiten sind in diesem Fall, und wirklich geben sie Töne von einem weit sanfteren Klange als die Metalldrähte.

VII. *Bemerkung zu der vorstehenden Notiz;  
von Hrn. Duhamel.*

(*Compt. rend. T. XIV p. 953.*)

In der vorstehenden sehr interessanten Notiz bemerkt Hr. Oberst Savart, daß ihm seine Versuche nicht diejenigen Zahlen für die Schwingungen der Saiten geben, welche die gewöhnlich angewandte Formel liefert, daß man aber, wenn in die Data der Rechnung die von Hrn. S. berücksichtigten Umstände eingeführt werden, eine merkwürdige Uebereinstimmung zwischen den Resultaten der Analyse und der Erfahrung finde.

Bei dem Probleme der schwingenden Saiten haben die Mechaniker die Steifheit (*Rigidität*) vernachlässigt und angenommen, es handle sich um einen materiellen, vollkommen biegsamen Faden, obwohl sie übrigens wußten, daß dieß nur eine Annäherung sey, und bei einer Metallsaite von geringer Länge das mathematische Gesetz bedeutend von der Erfahrung abweiche. Hr. Savart hatte sich vorgenommen, das Gesetz dieser Abweichungen aufzufinden, und zwar auf experimentellem Wege. Sehr vervielfältigte Versuche haben ihn zu einer einfachen Relation zwischen den drei Größen geführt, die er zu vergleichen beabsichtigte. Diese Größen sind: die Zahl von Schwingungen, welche die gespannte Saite wirklich macht, die Zahl, welche unter denselben Umständen von der Formel angezeigt wird, und die Zahl derjenigen, welche die Saite in derselben Zeit machen würde, wenn

die Spannung Null wäre, und sie blofs unter den aus ihrer Steifheit hervorgehenden Kräften stände. *Das Quadrat der ersten Zahl wurde immer gleich gefunden der Summe der Quadrate der beiden andern.*

Ich will nun zeigen, dafs diese Relation genau die ist, zu welcher der Calcül führt, wenn man die Bedingung der Steifheit in denselben einführt.

Die von den Mathematikern bewiesene Formel ist:  $T = KN^2$ , worin  $T$  die Spannung der Saite,  $N$  die Zahl der von ihr in der Zeiteinheit vollbrachten Schwingungen, und  $K$  eine Constante, die von der Länge und Masse der Saite abhängt. Bezeichnen wir nun mit  $N_1$  die Zahl, welche der Versuch statt  $N$  giebt, und mit  $N_0$  die, welche einer Tension gleich Null entspricht. Nähme man an, die Saite wäre vollkommen biegsam und einer zweckmäfsigen Spannung  $T_0$  unterworfen, so könnte man ihr dieselbe Bewegung geben, welche blofs aus ihrer Steifheit entspringt, und bei welcher sie  $N_0$  Schwingungen in der Zeiteinheit vollführt. Sie befindet sich alsdann in dem Fall, für welchen die Formel gilt, und man wird also haben  $T_0 = KN_0^2$ . Nun braucht man nur zu der biegsamen Saite die Spannung  $T$  hinzuzufügen, damit sie in demselben Fall wie die steife Saite sey, weil man die aus der Steifheit entspringenden Kräfte ersetzt durch die von der Spannung  $T_0$  herrührenden, deren Wirkung die nämliche ist. Man kann also  $N_1$  nach der gewöhnlichen Formel berechnen, wenn man annimmt, die Spannung sey gleich  $T + T_0$ . Man hat also  $T + T_0 = KN_1^2$ , woraus  $N_1^2 = N^2 + N_0^2$ , wie der Versuch des Hrn. Savart gelehrt hat.

Die Resultate dieses geschickten Experimentators bieten also eine schlagende Bestätigung der mathematischen Theorie dar; allein man darf nicht vergessen, dafs man die Saite noch unter andern Umständen befindlich voraussetzen kann, wo diese Uebereinstimmung nicht mehr so genau seyn würde, und wo man neue Elemente in die Rechnung einführen müfste.

Endlich noch eine Bemerkung. Wenn diese Aufgabe zuerst von der Analyse behandelt worden wäre, so würde man unmittelbar zu dem Gesetz gelangt seyn, das man nur zu bestätigen gehabt hätte. Nun weiß man, wie viel leichter es ist zu bestätigen als zu entdecken. Man hat also hier ein neues Beispiel von der Nützlichkeit der mathematischen Analyse bei Aufsuchung der Gesetze von Naturerscheinungen.

---

### VIII. Versuch die mittlere Höhe der Continente zu bestimmen; von Alexander v. Humboldt.

(Aus den Monatsbericht der Academie. Juli 1842.)

---

Unter den numerischen Elementen, von deren genauer Erörterung die Fortschritte der physischen Erdbeschreibung abhängen, giebt es eines, dessen Bestimmung bisher fast gar nicht versucht worden ist. Der Unglaube an die Möglichkeit einer solchen Bestimmung ist vielleicht die Hauptursach dieser Vernachlässigung gewesen. Die Erweiterung aber unseres orographischen Wissens, wie die Vervollkommnung der Karten großer Länderstrecken hat (sagt der Verfasser der Abhandlung) mir den Muth gegeben, mich seit Jahren einer mühevollen, sehr steril scheinenden Arbeit zu unterziehen, deren Zweck die *genäherte Kenntniss* der mittleren Höhe der Continente, die Bestimmung der Höhe des *Schwerpunkts ihres Volums* ist. Bei diesem Gegenstande, wie bei vielen anderen der Dimensionen des Weltbaues, der wahrscheinlichen Entfernung der Fixsterne, der mittleren Temperatur der Erdpole oder des ganzen Luftkreises im Meeres-Niveau, der Schätzung der allgemeinen Bevölkerung der Erde, kommt es darauf an, die *Gränz-Zahlen (nombres limites)* zu erlangen, zwischen welche die Resultate fallen müssen, von dem Bekannten aus einem einzigen Lande,

z. B. von der genau geometrisch und auch hypsometrisch dargestellten Oberfläche von Frankreich, allmählig zu größeren Theilen von Europa und Amerika, durch Analogien geleitet, überzugehen, zugleich aber allen numerischen Angaben nachzuspüren, die in neueren Zeiten, besonders für Inner- und West-Asien, uns in so erfreulicher Fülle zugekommen sind. Astronomische Ortsbestimmungen, um die Gränzen zwischen den Gebirgs-Abfällen und den Rändern der Ebenen bis zu drei- oder vierhundert Meter absoluter Höhe auszumitteln, sind am sorgfältigsten zu sammeln. Die Möglichkeit einer solchen Ergründung der Gränzen und der davon abhängigen Vergleichung des Flächeninhalts der Ebenen und der *Gebirgs-Grundflächen* habe ich früher in geognostischen Untersuchungen über Süd-Amerika gezeigt, wo die lange, auf einer ungeheueren Gangspalte mauerartig erhobene Cordillere der Andes und die Massen-Erhebungen der Parime und Brasiliens in allen älteren Karten so unrichtig umgränzt waren. Es ist eine allgemeine Tendenz der graphischen Darstellungen, den Gebirgen mehr Breite zu geben, als sie in der Wirklichkeit haben, ja in den Ebenen die *Plateaux* verschiedener *Ordnung* mit einander zu vermengen.“ Hr. von Humboldt hat zuerst im Jahr 1825 in zwei Abhandlungen, die er in der Akademie der Wissenschaften zu Paris verlesen, die mittlere Höhe der Continente berührt, »*l'évaluation du volume des arêtes ou soulèvements des montagnes comparé à l'étendue de la surface des basses régions.*“ Eine denkwürdige Behauptung von Laplace in der *Mécanique céleste* (T. V livre XI chap. 1, p. 3) hatte Veranlassung zu dieser Untersuchung gegeben. Der große Geometer hatte den Satz aufgestellt, daß der Einklang, welcher sich findet zwischen den Resultaten der Pendel-Versuche und der Erd-Abplattung, aus trigonometrischen Grad-Messungen und den Monds-Ungleichheiten hergeleitet, den Beweis davon liefert: »*que la surface du sphéroïde terrestre seroit*

à peu près celle de l'équilibre, si cette surface devenoit fluide. De là et de ce que la mer laisse à découvert de vastes continens, on conclut qu'elle doit être peu profonde et que sa profondeur moyenne est du même ordre que la hauteur moyenne des continens et des îles au-dessus de son niveau, hauteur qui ne surpasse pas mille mètres (3078 Par. Fufs, nur 463 F. weniger als der Brocken-Gipfel nach Gaußs, oder mehr als die höchsten Bergspitzen in Thüringen). Cette hauteur, heist es weiter, est donc une petite fraction de l'excès du rayon du l'équateur sur celui du pôle, excès qui surpasse 20000 mètres. De même que les hautes montagnes recouvrent quelques parties des continens, de même il peut y avoir de grandes cavités dans le bassin des mers, mais il est naturel de penser que leur profondeur est plus petite que l'élévation des hautes montagnes, les dépôts des fleuves et les dépouilles des animaux marins devant remplir à la longue ces grandes cavités.» Bei der Vielseitigkeit des gründlichstens Wissens, welche den Gründer der *Mécanique céleste* in so hohem Grade auszeichnete, war eine solche Behauptung um so auffallender, als es ihm nicht entging, daß das höchste *Plateau* von Frankreich, das, auf welchem die ausgebrannten Vulkane von Auvergne ausgebrochen sind, nach Ramond nur 1044 Fufs, die große iberische Hochebene, nach meinen Messungen, nur 2100 Fufs über dem Meeresspiegel liegen. Laplace hat die obere Gränze auf tausend Meter nur deshalb gesetzt, weil er den Umfang und die Masse der Gebirgs-Erhebungen für beträchtlicher hielt als sie ist, die Höhe einzelner Pics (*culminirender Punkte*) mit der mittleren Höhe der Gebirgs-Rücken verwechselte, die mittlere Meerestiefe zu gering anzunehmen besorgte, und zu seiner Zeit keine Data aufgeführt fand, aus denen sich das Verhältniß des Flächeninhalts (in Quadrat-Meilen) der ganzen Continente zu dem Flächeninhalte der Gebirgs-Grundflächen schliessen liefs. Eine sorgfältige Rechnung er-

gab, daß die Masse der Andes-Kette von Süd-Amerika auf den ganzen ebenen Theil der östlichen Gras- und Waldfluren pulverartig, aber gleichförmig zerstreut, diese Ebenen, deren Flächeninhalt genau  $\frac{1}{3}$  größer ist als die Oberfläche von Europa, nur um 486 Fufs erhöhen würde. Hr. von Humboldt schloß schon damals daraus: »*que la hauteur moyenne des terres continentales dépend bien moins de ces chaînons ou arêtes longitudinales de peu de largeur, qui traversent les continents, de ces points culminans ou dômes qui attirent la curiosité du vulgaire, que de la configuration générale des plateaux de différens ordres et de leur série ascendante, de ces plaines doucement ondulées et à pentes alternantes qui influent par leur étendue et leur masse sur la position d'une surface moyenne, c'est-à-dire sur la hauteur d'un plan placé de manière que la somme des ordonnées positives soit égale à la somme des ordonnées négatives.*« Die Vergleichung, welche Laplace in der oben angeführten Stelle der *Mécanique céleste* zwischen der Tiefe des Meeres und der Höhe der Continente macht, erinnert an eine Stelle des Plutarch im 15. Kapitel seiner Lebensbeschreibung des Aemilius Paulus (*ed. Reiskii, T. II p. 276*). Sie ist um so merkwürdiger, als sie uns eine unter den Physikern von Alexandrien allgemein herrschende Meinung kennen lehrt. Nachdem Plutarch den Inhalt einer Inschrift mitgetheilt hat, welche am Olympus gesetzt worden war, und das Resultat der sorgfältigen Höhenmessung des Xenagoras angab, fügt er hinzu: »aber die Geometer (wahrscheinlich die alexandrinischen) glauben, man finde *keinen Berg, der höher, kein Meer, das tiefer sey* als 10 Stadien.« Man setzte keinen Zweifel in die Richtigkeit der Messung des Xenagoras, aber man drückte aus, es müsse durch den Bau der Erde eine völlige Gleichheit geben zwischen den *positiven* und *negativen* Höhen. Hier ist freilich nur von dem Maximum der Höhe und Tiefe die Rede, nicht von

einem *mittleren* Zustande, eine Betrachtung, welche überhaupt sich den alten Physikern wenig darbot, und welche erst bei veränderlichen Gröſsen auf eine der Astronomie heilbringende Weise von den Arabern eingeführt ward. Auch in den Meteorologicis des Kleomedes (I. 10) ist eine Meinung geäußert, die mit der des Plutarchus gleich lautet, während in den Meteorologicis des Stagiriten (Aristot. *met.* II. 2) nur der Einfluß der Inclination des Meeresbodens von Osten nach Westen auf die Strömung betrachtet wird.

Wenn man versucht die mittlere Höhe der Continental-Erhebungen über dem *jetzigen* Niveau der Meere zu bestimmen, so heißt das, den *Schwerpunkt des Volums* der Continente über dem jetzigen Meeresspiegel aufzufinden, eine Untersuchung, die ganz von der verschieden ist, statt des *centre de gravité du volume*, den Schwerpunkt der Continental-Masse, *centre de gravité des masses*, aufzufinden, da der sich über dem Meere erhebende Theil der festen Erdrinde keineswegs von homogener Dichtigkeit ist, wie die Geognosie und die Pendel-Versuche lehren. Der Gang der einfachen Rechnung ist der: man betrachtet jede Gebirgskette als ein dreiseitiges horizontal liegendes Prisma. Die mittlere Höhe der Gebirgspässe, welche die mittlere Höhe des Gebirgsrückens bestimmt, ist die Höhe der Seitenkante des liegenden dreiseitigen Prismas, senkrecht auf die Fläche gefällt, welche die Basis der Gebirgskette ausmacht. Die Hochebenen (*Plateaux*) sind als stehende Prismen ihrem Inhalte nach berechnet worden. Um ein europäisches Beispiel zu geben, erinnere ich, daß die Oberfläche von Frankreich 10087 geogr. Quadratmeilen enthält. Nach Charpentier beträgt die Grundfläche der Pyrenäen 430 dieser Quadratmeilen. Obgleich die mittlere Höhe des Kammes der Pyrenäen 7500 F. beträgt, so habe ich doch eine kleinere Höhe angenommen, wegen der Erosionen des liegenden Prismas, welche die häufi-

gen tiefen Querthäler als volumvermindernd bilden. Der *Effect* der Pyrenäen auf ganz Frankreich ist nur 35 Meter oder 108 Fufs. Um diese Quantität nämlich würde die *Normal-Oberfläche* der Ebenen von ganz Frankreich, die sich durch Vergleichung vieler genau gemessener, wohlgelegener, d. h. dem Centrum angehöriger, Orte (Bourges, Chartres, Nevers, Tours etc.) ergibt und 480 Fufs beträgt, erhöht werden. Die Rechnung, die ich mit Hrn. Élie de Beaumont gemeinschaftlich angestellt, ergibt nun folgendes allgemeine Resultat:

1) Effect der Pyrenäen	18 Toisen
2) Die franz. Alpen, der Jura und die Vogesen, einige Toisen mehr als die Pyrenäen; ihr gemeinsamer Effect	20 -
3) Es bleiben übrig die Plateaux des Limousin, der Auvergne, der Cevennen, des Aveyron, des Forez, Morvant und der Côte d'or. Ihr gemeinsamer Effect, sehr nahe dem der Pyrenäen gleich	18 -
Da nun die Normal-Höhe der Ebenen von Frankreich in der weitesten Erstreckung	80 -
so ist die <i>mittlere Höhe</i> von Frankreich höchstens	136 Toisen oder 816 Fufs.

Die baltischen, sarmatischen und russischen Ebenen sind nur durch die Meridian-Kette des Ural von den Ebenen von Nord-Asien getrennt; daher denn Herodot, dem der Zusammenhang um die südliche Extremität des Urals im Lande der Issidonen bekannt war, ganz Asien nördlich vom Altai Europa hiefs. In dem cisuralischen Theile unserer baltischen Ebenen sind, dem Littoral der Ostsee nahe, partielle Masse-Erhebungen, die eine besondere Rücksicht verdienen. Westlich von Danzig, zwischen dieser Stadt und Bütow, wo das Seeufer



weit gegen Norden vortritt, liegen viele Dörfer 400 Fufs hoch; ja der Thurmberg, dessen Messungen zu vielen hypsometrischen Streitigkeiten Anlaß gegeben haben, erhebt sich nach Major Baeyer's trigon. Operation zu 1024 Fufs, — vielleicht die größte Berghöhe zwischen dem Harz und Ural. Sonderbar, daß nach Struve's Messung der culminirende Punkt von Livland, der Munamaggi, bis auf 4 T. die Höhe des pommerschen Thurmberges erreicht, ja daß eben so übereinstimmend nach Schiffscap. Albrecht's neuer Seekarte die größte Tiefe der Ostsee zwischen Gothland und Windau 167 T. beträgt, wenn der Thurmberg 170 T. hat. Das Loch hat 4 Quadratmeilen. Das ausschließlichs europäische Flachland, dessen Normal-Höhe man nicht über 60 T. anschlagen kann, hat, genau gemessen, 9 Mal den Flächeninhalt von Frankreich. Die ungeheure Ausdehnung dieser niederen Region ist die Ursach, warum die mittlere Continental-Höhe von ganz Europa mit seinen 170,000 geogr. Quadratmeilen um volle 30 T. kleiner ausfällt als das Resultat für Frankreich. Ohne länger durch Zahlen ermüden zu wollen, füge ich nur die, für eine allgemeine geognostische Ansicht nicht ganz unwichtige Betrachtung hinzu, daß Massen-Erhebungen von ganzen Ländern als Hochebenen einen ganz anderen Effect auf Erhöhung der Schwerpunkte des Volums hervorbringen als Bergketten, wenn sie auch noch so beträchtlich an Länge und Höhe sind. Während die Pyrenäen auf ganz Europa kaum den Effect von 1 Toise, das Alpensystem, dessen Grundfläche die der Pyrenäen fast vier Mal übertrifft, den Effect von  $3\frac{1}{2}$  T. hervorbringen, bewirkt die iberische Halbinsel mit ihrer compacten Plateau-Masse von 300 T. Höhe einen Effect von 12 T. Das iberische Plateau wirkt demnach auf ganz Europa vier Mal so viel als das Alpensystem. Das Resultat der Rechnungen ist meist so befremdend, daß es sich aller Vorausbestimmung zu entziehen scheint.

Ueber die Gestaltung von Asien ist in den neuesten Zeiten viel Licht verbreitet worden. Der Effect der südlichen colossalen Erhebungs-Massen wird dadurch vermindert, daß  $\frac{1}{3}$  des ganzen Continents von Asien, ein Theil Sibiriens, der selbst um  $\frac{1}{3}$  den Flächeninhalt von Europa übertrifft, nicht 40 T. Normal-Höhe hat. Das ist selbst noch die Höhe von Orenburg an dem nördlichen Rande der caspischen und turanischen Senkung. Tobolsk hat nicht die Hälfte dieser Höhe; und Kasan, das fünf Mal entfernter von dem Littoral des Eismeeress liegt als Berlin von der Ostsee, hat kaum die Hälfte der Höhe unserer Stadt. Am oberen Irtysh, zwischen Buktarminsk und dem Saysan-See, an einem Punkte, wo man dem indischen Meere näher als dem Eismeere ist, fanden wir die Ebene noch nicht 800 Fufs hoch, ein sogenanntes Central-Plateau Inner-Asiens, das noch nicht die Hälfte der Erhebung des Straßenspflasters von München über dem Niveau des Meeres hat. Das einst so berühmte Plateau zwischen dem Baikal-See und der chinesischen Mauer (die steinige Wüste Gobi oder Cha-mo), das die russischen Akademiker Bunge und Fufs barometrisch gemessen, hat nur die mittlere Höhe von 660 T. (3960 F.), als setze man die Müggelsberge auf den Gipfel des Brocken; ja das Plateau hat in seiner Mitte, wo Ergi liegt (Br.  $45^{\circ} 31'$ ), eine muldenartige Vertiefung, wo der Boden bis 400 T. (2400 F.), fast bis zur Höhe von Madrid, herabsinkt. »Diese Senkung,« sagt Hr. Bunge in einem noch ungedruckten Aufsätze, den ich besitze, »ist mit Halophyten und Arundo-Arten bedeckt; und nach der Tradition der Mongolen, die uns begleiteten, war sie einst ein großes Binnenmeer.« Beide Extremitäten dieses alten Binnenmeeres sind durch flache Felsränder, ganz einem Seeufer gleich, bei Olonbaischan und Zukeldakan begränzt. Das Areal des Gobi in seiner einförmigen Massen-Erhebung von SW. gegen NO. ist zwei Mal so groß als ganz Deutschland, und würde den *Schwer-*

*punkt von Asien* um 20 T. erhöhen, während der Himalaya und das den Hindou Kho fortsetzende Kouen-lun sammt der tübetanischen Hochebene, die Himalaya und Kouen-lun verbindet, einen Effect von 56 T. hervorbringen würden. Bei der Berechnung des ungeheuren Reliefs zwischen den indischen Ebenen und dem niedrigen, von dem milden Kaschgar gegen den Lop-See östlich abfallenden Plateau des Tarim war der Punkt zu beachten nahe dem Meridian des Kaylasa und der zwei heiligen Seen Manassa und Ravana-hrada, von wo an der Himalaya nicht mehr von Osten gen Westen dem Kouen-lun parallel läuft, sondern sich, von SO.-NW. gerichtet, dem Berggurt des Tsun-ling anschaaft. Die Höhen der zahlreichen Bergpässe von Bamian bis zu dem Meridian des Tschamalari (24,400 F.), bei welchem Turner auf das tübetanische Plateau von H'Lassa gelangte, also in einer Ausdehnung von 21 Längengraden, sind bekannt. Der gröfsere Theil derselben ist sehr einförmig 14,000 engl. Fufs (2200 T.), eine in den Pässen der Andes-Kette gar nicht ungewöhnliche Höhe. Die grofse Landstrafse, der ich von Quito nach Cuenca gefolgt bin, hat z. B. am Assuay (Ladera de Cadlud) schneefrei die Höhe von 2428 T., das ist fast 1400 F. mehr als jene Himalaya-Uebergänge. Die Pässe, wie ich bereits früher bemerkt, bestimmen die mittlere Höhe der Gebirgskämme. In einer Abhandlung über das Verhältnifs der höchsten Gipfel (culminirenden Punkte) zu der Höhe der Gebirgsrücken habe ich gezeigt, dafs der Gebirgsrücken der Pyrenäen, aus 23 Pässen (*cols, hourques*) berechnet, 50 T. höher als der mittlere Gebirgsrücken der Alpen ist, obgleich die Culminationspunkte der Pyrenäen und Alpen sich wie 1 zu  $1\frac{4}{10}$  verhalten. Da einzelne Himalaya-Pässe, z. B. Niti Gate, durch das man in die Ebene der Schaal-Ziegen aufsteigt, 2629 T. hoch sind, so habe ich die mittlere Höhe des Himalaya-Rückens nicht zu 14,000 engl. Fufs, sondern, wenn gleich

überschätzt, zu 15,500 F. (2332 T.) angeschlagen. Das Plateau der drei Tübets von *Iscardo*, *Ladak* und *H' Lassa* ist eine Intumescenz zwischen zwei anschaarenden Ketten (Himalaya und Kouen-lun). Vigne's eben erschienene Reise nach Baltistan oder Klein-Tübet, die von Lloyd besorgte Ausgabe der Journale der Gebrüder Gerard, so wie neue in Indien selbst angeregte Streitigkeiten über die relative Höhe der ewigen Schneegränze an dem indischen und tübetanischen Abhange des Himalaya haben immer mehr gezeigt, daß die mittlere Höhe der tübetanischen Hochebene bisher ansehnlich überschätzt worden ist. In seinem Werke *Asie centrale*, von dessen drittem Bande nur noch wenige Bogen ungedruckt sind, und welches von einer hypsometrischen Karte von Asien vom Phasis bis zum Golf Petcheli, vom Zusammenfluß des Ob und Irtysh bis zum Parallel von Delhi begleitet ist, glaubt Hr. von Humboldt durch Zusammenstellung vieler Thatsachen zu beweisen, daß die Intumescenz zwischen Himalaya und Kouen-lun (der südlichen und nördlichen Gränz-Kette von Tübet) nicht 1800 T. mittlerer Höhe übersteigt, also selbst 200 T. niedriger als die Hochebene des Sees Titicaca ist.

Die hypsometrische Configuration des asiatischen Festlandes, in der die Ebenen und Senkungen vielleicht noch auffallender als die colossalen Hebungen sind, zeichnet sich durch zwei charakteristische Grundzüge aus: 1) durch die lange Reihe von Meridian-Ketten, die mit parallelen Axen, aber *unter sich alternirend* (vielleicht gangartig *verworfen*), vom Cap Comorin (Ceylon gegenüber) bis an die Küste des Eismeers, in gleichmäßiger Richtung, SSO.-NNW., unter dem Namen der *Ghates*, der *Soliman-Kette*, der *Paralasa*, der *Bolor* und des *Ural* hinstreichen. Diese alternirende Lage der *goldreichen Meridian-Ketten* (Vigne hat neuerdings am östlichen Bolor-Abfall, im Basha-Thale des Baltistan, die vom tübetischen Murrelthiere, Herodot's *grofsen Amei-*  
sen,

sen, durchwühlten Goldsandschichten besucht) offenbart das Gesetz, daß keine der eben genannten fünf Meridian-Ketten, zwischen  $64^{\circ}$  und  $75^{\circ}$  Länge, neben der nächsten gegen Osten und Westen *vorbeistreich*t, auch daß jede neue longitudinale Erhebung erst in *der* geogr. Breite beginnt, welche die vorhergehende noch nicht erreicht hat. 2) Ein anderer, ebenfalls nicht genug beachteter, charakteristischer Zug der Configuration von Asien ist die *Continuität einer ungeheuren ost-westlichen Hebung*, zwischen Br.  $35^{\circ}$  und  $36^{\circ} \frac{1}{2}$ , vom Takhialoudagh an im alten Lycien bis zur chinesischen Provinz Houpih, eine Hebung, die drei Mal von Meridian-Ketten (Zagros in West-Persien, Bolor in Afghanistan, Assam-Kette im Dzangbo-Thale) durchschnitten wird. Von Westen gegen Osten heißt diese Kette, auf dem *Parallel des Dicäarchus*, welcher zugleich der Parallel von Rhodus ist: *Taurus Elbruz, Hindou Kho, und Kouen-lun* oder *A-neoutha*. In dem dritten Buche der Geographie des Eratosthenes findet sich der erste Keim des Gedankens einer ununterbrochen fortlaufenden, ganz Asien theilenden Bergkette (Strabo, *XV*, p. 689, *Cas.*). Dicäarchus sah den Zusammenhang ein zwischen dem kleinasiatischen Taurus und den indischen Schneebergen, denen die Erzählungen und Lügen der Begleiter des Macedoniers bei den Griechen so viel Ruf verschafft hatten. Man legte Wichtigkeit auf den *Parallel von Rhodus* und auf die Richtung dieser unermesslichen Bergkette. Die »Chlamyde« von Asien sollte unter diesem Parallel am breitesten seyn (Strabo, *XI*, p. 519); ja weiter gegen Osten könnte (wie Strabo sagt) *ein anderer Continent* liegen. Sonderbare geognostische Träume über eine Zone, einen Breitengrad, eine Spaltung der Erdoberfläche, in der vorzugsweise Continental- und Bergerhebungen stattgefunden haben, ja in der auch die Strafe und die Säulen des Hercules bei Gades (*lat.  $36^{\circ}$* ) liegen. Der Taurus und die Hochebenen von Kleinasien

hatten den Einfluß der Höhe auf die Temperatur den griechischen Physikern zuerst recht merklich gemacht. „Auch in südlichen Erdstrichen,“ sagt der große Geograph von Amaseia (Strabo, *II*, p. 73), indem er das Klima der nördlichen Küsten von Kappadocien mit der 3000 Stadien südlicheren Ebene um den Argaios vergleicht, „sind die Berge und jeder hohe Boden kalt, *wenn er auch eine Ebene ist.*“ Strabo allein unter allen griechischen Schriftstellern gebraucht das schön bezeichnende Wort *ὄροπέδια*, *Berg-Ebenen*.

Nach dem Schlufresultat der ganzen Arbeit des Hrn. von Humboldt ist das von Laplace angegebene Maximum der mittleren Continental-Höhe um  $\frac{2}{3}$  zu groß. Der Verf. der Abhandlung findet für die drei Welttheile, die er berechnet (an Afrika würde zu früh seyn sich zu wagen!), folgende numerische Elemente:

Europa	105 T. (205 Met.)
Nord-Amerika	117 T. (228 Met.)
Süd-Amerika	177 T. (345 Met.)
Asien	180 T. (351 Met.).

Für den ganzen Neuen Continent ergeben sich 146 T. (285 M.), und für die *Höhe des Schwerpunkts des Volums aller Continental-Massen* (Afrika nicht eingerechnet) *über dem heutigen Meeresspiegel* 157,8 T. oder 307 Meter. Hr. von Hoff hat auf einer Landstrecke von 224 geogr. Quadratmeilen die Höhen von 1076 Punkten mit seltener Genauigkeit gemessen, und zwar in einem meist gebirgigen Theile Thüringens. Er bestimmte demnach fast fünf Höhen auf jeder Quadratmeile; aber diese Höhen waren ungleich vertheilt. Hr. von Humboldt forderte, wegen der Laplace'schen Behauptung über die Continental-Massen, Hrn. von Hoff auf, die mittlere Höhe seines hypsometrisch vermessenen Landstrichs zu berechnen. Dieser findet sie zu 166 T. (*Höhen-Messungen in und um Thüringen*, 1833, S. 118), also nur 8 T. mehr als das Resultat des Hrn. von Hum-

boldt. Man darf daraus schliessen, dafs, da eine sehr gebirgige Gegend Thüringens gemessen wurde, das Resultat von 157 T. oder 942 Fuß als Gränzwert (nombre limite) noch eher zu groß als zu klein ist. Bei der Gewissheit eines progressiven, aber partiellen Aufsteigens von Schweden (eine für die physische Erdbeschreibung so wichtige Gewissheit, die wir Leop. von Buch verdanken) kann man glauben, dafs diese Lage des Schwerpunkts nicht immer dieselbe bleiben werde; aber bei einzelnen herabsteigenden Massen und bei der Kleinheit der Räume, auf welche die unterirdischen Kräfte zu wirken scheinen, wird die, sich größtentheils selbst compensirende Variation im Ganzen wenig störend auf den Schwerpunkt des Ueber-Oceanischen einwirken. In den numerischen Resultaten jener hypsometrischen Arbeit offenbart sich aufs Neue: dafs die geringsten Höhen in unserer Hemisphäre den Continental-Massen des Nordens zugehören. Europa giebt 105 T., Nord-Amerika 117 T. Die Intumescenz Asiens, zwischen 28° und 40° Breite, compensirt die mindernde Wirkung des sibirischen Tieflandes. Asien und Süd-Amerika geben 180 und 177 T. Man liest gewissermaßen in jenen Zahlen, in welchen Theilen unserer Erdoberfläche der *Vulkanismus* (die Reaction des Innern gegen das Außere) durch uralte Hebungen am kräftigsten gewirkt hat.

---

IX. *Ueber die Eigenschaft des Oels, die Meereswogen zu besänftigen und die Oberfläche des Wassers vollkommen durchsichtig zu machen; von Hrn. A. Van Beek.*

(Ann. de chim. et de phys. Ser. III T. IV p. 257.)

---

In der physischen, wie in der moralischen Welt werden oft wichtige Resultate durch anscheinend sehr unbe-

deutende Ursachen hervorgebracht. Ist es nicht wirklich zu verwundern, daß der Mensch, obgleich überführt von dieser Wahrheit durch so zahlreiche Beispiele aus der Geschichte der Völker und der Wissenschaften, doch so leichtsinnig in seinen Urtheilen, so voreilig in seinen Entscheidungen ist, daß er oft jede Bezeichnung zwischen Ursache und Wirkung anzuerkennen sich weigert, sobald ihm in seinem beschränkten Verstand die eine nicht proportionirt der andern erscheint, daß er ein Heilmittel für ein gefährliches Uebel ausschlägt, nur weil es ihm zu einfach vorkommt?

Wenn inmitten eines heftigen Sturms, das Schiff vom Stofs der Wellen bedroht, oder die Schaluppe, welche durch die ungestüme Brandung hin das Ufer zu erreichen sucht, nahe am Umschlagen ist, eine geringe Menge Oel auf das Meer gegossen wird, um die aufgeregten Wogen zu beruhigen, dann gewiß scheint mehr als je das einfache Mittel ganz außer Verhältniß zum Zweck zu stehen, und Derjenige, welcher es während der Gefahr als Weg zum Heile vorschlägt, würde schwerlich Glauben finden.

Und doch ist es wahr, buchstäblich wahr, daß das Oel, unter gewissen Umständen, die Tugend besitzt, das aufgeregte Meer zu besänftigen, die Wogen zu stillen.

Schon die Alten wußten diess, und das, was die heutigen Schiffer verachten oder ohne weitere Prüfung verwerfen, war den früheren Seeleuten verschiedener Nationen, namentlich den holländischen Fischern und den Grönlandsfahrern, sehr wohl bekannt; mehr als ein Schiff verdankt ihm, nächst Gott, seine Rettung.

Der erste Theil dieser Abhandlung wird die Beweise hievon geben, und untersuchen, was an den zahlreichen Nachrichten angesehener Seefahrer Glaubenswürdiges ist; auch ein Detail von Versuchen enthalten, welche in Betreff der sonderbaren Eigenschaft öligier Flüssigkeiten, die vom Winde aufgeregten Gewässer zu besänftigen, von Physikern angestellt worden sind.



Im zweiten Theil werde ich mich bemühen die physikalischen Grundsätze, auf welchen diese Erscheinung zu beruhen scheint, zu entwickeln, so weit ich im gegenwärtigen Zustand der Wissenschaft die Möglichkeit dazu vorfinde.

Das die Alten schon bekannt waren mit der Fähigkeit des Oels, das Meer still und glatt zu machen, ersehen wir aus Plutarch und Plinius, welcher letzterer im zweiten Buche seiner *Historia naturalis* davon spricht. Nach Plutarch hat schon Aristoteles die wahrscheinliche Ursache dieser Erscheinung angegeben, ein Beweis seines Scharfsinns, von dem wir späterhin noch reden werden.

Während der Dunkelheit des Mittelalters mengte sich der Aberglaube in diese wie in so manche andere Angelegenheit. Die Priester benutzten sie, so scheint es, zur Befestigung ihres Ansehens.

Nach Canisius <sup>1)</sup>, der über die Wunder ein Werk in mehren Bänden, zum Theil in Versen, geschrieben hat, gehörte es zu den Wundern des heiligen Bischoffs Aedanus, daß er einem Priester, der eine Seereise machen wollte, geweihtes Oel mit gab, um damit während eines Sturms, den er ihm vorher gesagt hatte, die Wuth der Wellen zu besänftigen. Diefs gelang auch vollkommen; denn, sagt das Gedicht des Canisius, nachdem eine geringe Menge dieses Oeles ausgegossen worden, beruhigte sich das Meer, die ungestümen Wogen legten sich, und man setzte fröhlich die Reise fort <sup>2)</sup>.

In einem der Dialoge des Erasmus, betitelt *Naufragium*, findet sich eine Stelle, die Aehnliches berichtet. Nachdem er in einer witzigen, aber sehr beissenden Weise die übermäßige Furcht und die abergläubischen Handlungen der Schiffsmannschaft während der drohenden Ge-

1) *Lect. antiq. T. V pt. II p. 696, ed. Ingolstadt.*

2) *Quomodo idem Aedanus, tempestatem nautis praedicens, oleum, quo mitigaretur, dederit.*

fahr eines Schiffbruchs geschildert, sagt er, dafs mehre sich auf das Verdeck niederwarfen, das Meer anbeteten, demselben die zärtlichsten Namen beileigten und dabei alles am Bord befindliche Oel in die Wogen gossen <sup>1)</sup>.

Auch die Chinesen schütteten Oel, so wie Thee und geistige Getränke, in's Meer, als ein den Schutzgeistern ihrer Küste gebrachtes Opfer, um sich eine glückliche Ueberfahrt zu sichern.

Ein Beispiel davon finde ich im J. 1793 angeführt, als die britische Gesandtschaft in China, auf der Rückreise von Peking, sich anschickte, mit ihren *Yachten* und *Fähren* über den gelben Fluß zu setzen <sup>2)</sup>. George Staunton, der diese Reise beschrieben, betrachtet es als etwas sehr Natürliches, dafs, nachdem man viel Oel in's Wasser gegossen hatte, die aufgeregten Wellen sich besänftigten <sup>3)</sup>.

Eben so haben die türkischen Schiffer die Gewohnheit, ihrem Propheten zum Opfer, Oel in's Meer zu gießen, besonders wenn sie die Meerenge von Gibraltar passiren.

Als ein Beispiel, wie die alten Theologen die Physik behandelten, und sich oft darin gefielen, ihre religiösen Doctrinen mit derselben zu vermengen, will ich erwähnen, dafs einer derselben, Simon Majolus mit Namen, der ein im J. 1607 erschienenes Werk geschrieben hat, dem in Rede stehenden Phänomen darum allen Glauben abspricht, weil dadurch, wie er meint, das of-

1) *Des. Erasmi Roterodami colloquia, cum notis selectis variorum, addito indice novo, accurante Corn. Schevelio, Amst. 1693, Naufragium, p. 235.*

2) *Voyage dans l'intérieur de la chine et en Tartarie, fait dans les années 1792, 1793 et 1794 par Lord Macartney etc. Paris 1798 T. III p. 305.*

3) *Ibid. p. 308.*

fenbare Wunder unseres Herrn Heilandes auf dem See Genezareth seinen Werth verlieren würde! <sup>1</sup>).

Von den Physikern scheint die merkwürdige Eigenschaft des Oels bis zur Mitte des vergangenen Jahrhunderts unbeachtet gelassen zu seyn, bis der berühmte Erfinder der Blitzableiter, der würdige Benjamin Franklin, ein wahrer Freund der Humanität, stets begierig von jeder ihm bekannten Sache eine nützliche Anwendung zu machen, sie auf's Neue hervorzog.

Während einer langen Zeit beschäftigte er sich ausschließlich mit minutiösen Untersuchungen dieses Phänomens, auf welches seine Aufmerksamkeit zuerst im Jahr 1757 hingelenkt wurde, auf einer Reise, die er mit einer Flotte von 96 Segeln nach Louisbourg mitmachte. Während eines frischen Windes nahm er mit Erstaunen gewahr, daß die Furchen zweier Schiffe sehr glatt blieben, wogegen die von andern stark vom Winde bewegt wurden. Er drückte darüber seine Verwunderung gegen den Befehlshaber des Schiffes aus, auf welchem er sich befand; und dieser antwortete ihm darauf, wie wenn die Erscheinung eine ganz bekannte wäre, daß wahrscheinlich die Köche beider Schiffe fettiges Wasser durch das Speigatt ausgegossen hätten, und dadurch die Schiffsverkleidung fettig geworden wäre. Franklin lebhaft erregt von dieser Antwort, suchte sich über eine Sache, die ihm so wichtig erschien, alle mögliche Belehrung zu verschaffen, und bald fand er, daß der Gebrauch des Einschüttens von Oel in das Meer seit undenklicher Zeit von Schiffern, und besonders von Fischern verschiedener Nationen, gekannt und benutzt worden war.

Von da an beschloß er, das Phänomen selber genau zu untersuchen, und dabei bestätigte es sich ihm vollkommen. Der große Mann fand so viel Vergnügen an den Versuchen über diesen Gegenstand, daß er den Knopf seines Spazierstocks zur Aufnahme einer gewis-

1) S. Majolus, in *dieb. canicul.* p. 385.

sen Menge Oel hatte einrichten lassen, um sich desselben auf seinen Promenaden zu bedienen, wann sich Gelegenheit dazu darböte. Aus eigener Erfahrung hatte er bereits gelernt, daß es zur Besänftigung der Wellen nur einer sehr kleinen Menge Oels bedurfte, und gerade dieser Umstand machte ihm die Erscheinung so außerordentlich. Bei einem Versuch, den er in der Umgegend von *London*, in der Gemeinde *Clapham*, an einem Teich von der Größe eines halben Acre <sup>1)</sup> anstellte, wurde, als er auf der Windseite, d. h. dort, wo die Wellenbildung begann, nur einen einzigen Löffel voll Oel in den Teich goß, das Wasser sogleich spiegelglatt. Mit einer unglaublichen Schnelligkeit breitete es sich über die ganze Wasserfläche aus.

Bei Aufschüttung des Oels an der entgegengesetzten Seite des Teichs, da, wo die Wellen am größten waren, gelang der Versuch nicht. Das Oel wurde sogleich vom Winde an's Ufer getrieben und die Wellen beruhigten sich nicht.

Einen anderen Versuch machte er im J. 1773 in dem Bassin des *Green-Park* zu *London*, in Gegenwart mehrer Zeugen, unter andern des Prof. Allamand von *Leyden* und des Grafen v. *Bentinck*.

Fast zur selben Zeit oder kurz darauf finde ich den Gegenstand wissenschaftlich behandelt von einem ausgezeichneten Physiker, dem Abbé Mann, der darüber in den *Mémoires de l'académie impériale et royale des Sciences et belles-lettres de Bruxelles* von 1780 (*T. II p. 257*) eine interessante Abhandlung geliefert hat. Die zahlreichen Versuche, die er mit verschiedenen Arten Oel und unter mannigfaltigen Umständen anstellte, sowohl auf den *Iperlée*-Fluss, als an der flandrischen Küste, auf offnem Meere und in dem Hafen von *Nieuwpoort*, sind so überzeugend und haben in ihren Resultaten so viele Aehnlichkeit mit denen Franklin's, daß an der Wahr-

1) Ein Acre = 160 Quadratruthen engl. = 4046,71 Quadratmeter.

heit der Sache nicht der mindeste vernünftige Zweifel übrig bleiben kann.

Wenn das Oel so eingegossen ward, daß es dem Lauf des Windes und der Strömung folgen konnte, verfehlte es nie seine Wirkung. Drei Löffel voll Leinöl waren bei einem ziemlich starken Winde hinreichend, die ganze Wasserfläche eines Teichs von 20 Toisen Länge und 10 Breite vollkommen glatt zu machen; während auf dem Flusse Iperlée ein einziger Löffel voll genügte, um auf einer Fläche von 20 Quadrat-Toisen alle Furchen und Kräuselungen zu vernichten.

Als er während der Rückfluth (*reflux*) Oel in's Meer goß, sah er die dadurch hervorgebrachte glatte und glänzende Fläche von dem Strom in's Meer geführt und noch in weiter Ferne unterschied er sie an dem Reflex, so wie an der Ausdehnung des Schaums und des Brechens der Deining (*dimension de lécume et des brisants de la houle*), obgleich das Rollen und Wallen (*soulèvement*) der Wogen wie zuvor unausgesetzt fortfuhr.

Nach Beendigung seiner Versuche, an der Mündung des Hafens von Niewpoort angestellt, warf er eine offene Flasche mit einer halben Pinte Leinöl in die Wellen. »Die Flasche, sagte er, ging wegen der Schwere des schwarzen Glases und wegen des eindringenden Salzwassers, welches den Rest des Oels austrieb, bald zu Grunde, und das Oel breitete sich augenblicklich über die ganze Wasserfläche aus, bis es diese in der vollen Breite des Hafens glatt und glänzend gemacht, die von der Fluth und dem Winde verursachte Deining und Brandung vermindert hatte.

Je stärker der Wind auf diese fettige Oberfläche blies, desto mehr wurden die Wellen (*vagues*) herabgedrückt und verflächt; das Rollen und Aufwallen der vom Meere kommenden Wogen (*flots*) hielt indess fortwährend an. Die Wirkungen dieser kleinen Menge Oel hielten, obwohl abnehmend, eine gute Viertelstunde an.

bis das Oel in's Meer zerstreut oder gegen die Ufer des Hafens getrieben worden war.

Durch vergleichende Versuche mit verschiedenen Oelarten fand Mann, daß *Leinöl*, *Rüböl* und andere *vegetabilische* Oele besser und schneller wirkten als die zäheren *animalischen*.

In Betreff der nützlichen Anwendungen, die von diesen Erscheinungen gemacht werden könnten, sagt Mann, daß wenn ein Schiff zur Sturmeszeit eine beträchtliche Menge Oel in die Wogen gieße und deren Spuren auf der Windseite folge, es sich wohl gegen die ungeheuren Wogen und Sturzseen (*brisants*) schützen könne, die sonst in jedem Augenblick auf das Schiff hereinbrechen und es zu versenken drohen. So schiffend dürfe man hoffen, auf freiem Meere einem starken Sturm zu entweichen. Unter solchen Umständen handle es sich nicht um genaue Verfolgung des Weges.

Ferner würde nach diesem Schriftsteller die Ausschüttung des Oels von Nutzen seyn, um die Brandung an den Küsten zu stillen, und somit den Böten und Schalluppen der Schiffe, für welche sie eben dieser Brandung wegen ganz unzugänglich sind, das Landen zu erleichtern, wozu sie sowohl bei Schiffbrüchen als zur Einnahme von Wasser und Lebensmitteln häufig gezwungen werden. »Wie viele Inseln voller Früchte und der heilsamsten Erfrischungen für die skorbutische Schiffsmannschaft haben nicht Biron und andere Weltumsegler in der Südsee während der größten Nöthen unangerührt, mit schmachtenden Augen nach den reich beladenen Bäumen, vorbeigehen lassen müssen, bloß weil sie durch unermessliche Brandungen ihnen unzugänglich waren! Einige Fätschen Oel zu rechter Zeit in's Meer geschüttet, würden sie aus ihrer Bedrängniß befreit haben.«

Vor den meisten Seehäfen und Flußmündungen finden sich Bänke von Sand und Schlamm, *Barren* genannt, auf welchen die Meereswogen sich mit Heftigkeit brechen,

so dafs es oft für Schaluppen und Barken gefährlich ist, sie zu passiren. Der Abt Mann versichert, dafs man, wenn man bei Annäherung an diese einige Krüge voll Oel in's Meer giefse, die Wellen auf eine erstauenswürdige Weise besänftige, und, den Oelspuren folgend, mit Sicherheit Brandungen durchschneiden könne, welche sonst diese leichten Fahrzeuge unfehlbar versenkt haben würden.

In Rußland sind ähnliche Versuche von dem gelehrten Osorekowsky auf dem Onega-See bei stürmischem Wetter angestellt worden <sup>1)</sup>; sie haben gleiche Resultate gegeben. Der Experimentator sah, so weit das Oel sich ausbreitete, das Meer spiegelglatt werden; und obwohl die Wellen noch unter dem Oele fortbestanden, so schienen sie doch wie mit einem Gewicht beschwert, oder wie durch eine unsichtbare Macht niedergedrückt; sie hatten nicht die Kraft die leichte Oelschicht zu durchbrechen, sondern trieben sie allmählig, wohin der Wind das Wasser trieb.

Die letzten Versuche dieser Art, die zu meiner Kenntnifs gelangten, sind endlich 1837 in Holland vom Hrn. P. Van Leeuw (wohnhaft zu Zwanenburg, auf halbem Wege zwischen Amsterdam und Harlem) ausgeführt, bei starkem Winde auf den Gewässern des Harlemer Meers.

Die Resultate dieser Versuche stimmen in der Hauptsache so vollkommen mit den schon erwähnten, dafs es überflüssig seyn würde, sie hier auseinanderzusetzen. Man findet die Details in der *Algemeene Konst en Letterbode*, 1837, No. 10 p. 157; doch ist zu bedauern, dafs von diesen Versuchen nicht alle Einzelheiten genau angegeben sind.

Hr. Van Leeuw glaubte zu beobachten, dafs das Wasser, auferhalb der Oelschicht, stärker aufgeregt sey; allein darin hat ihn, meiner Meinung nach, sein Gesicht betrogen, wegen des Contrastes, den der vom Oel beruhigte und geglättete Theil der Oberfläche gegen den

1) Halle's Magic, T. IV.

noch bewegten Rest derselben bildet. Dieser Umstand wird indeß auch von anderen Beobachtern hervorgehoben, und verdiente daher wohl sorgfältig untersucht zu werden.

Den Seefahrern ist der Gebrauch des Oels schon seit lange bekannt, und von ihnen mit dem besten Erfolg angewandt. Diefs erhellt aus einem interessanten Werk, erschienen zu Leyden im J. 1775, unter dem Titel: *Berigten en Prysoragen over het storten van olie, traan, teer of andere dryvende stoffen in Zeegevaaren; door Frans van Lelyveld*, begleitet von dem Verfasser mit dem Versprechen einer Prämie von dreißig Ducaten für Denjenigen, der gewisse, von ihm über diesen Gegenstand aufgeworfene interessante Fragen in genügender Weise beantworten würde.

In diesem Werke findet man unter andern, daß Hasselaar, Bürgermeister von Amsterdam, wenn er beim Examen der Kapitaine und Lootsen der ehemaligen ostindischen Compagnie anwesend war, die Gewohnheit hatte, nach dem Examen die Kandidaten zu fragen, was sie wohl machen würden, wenn sie auf tobendem Meere mit Schaluppen das Ufer erreichen wollten und jedem Augenblick in Gefahr ständen von einer Welle verschlungen zu werden. Wenn er keine genügende Antwort erhielt, sagte er ihnen: »Nehmt ein Krüglein Oel und gießt es hinter eurer Schaluppe aus; durch dieses Mittel werdet ihr die Brandung vernichten.«

Das Werk von Van Lelyveld war Veranlassung, daß die ostindische Compagnie den Befehl gab, daß alle ihre Schiffe Versuche über diesen Gegenstand machen, und zu dem Ende, wenn sie unter Segel gingen, mit einer gewissen Menge Oel versehen werden sollten. Es wäre interessant nachzusehen, ob diese Vorschrift befolgt worden und zu einigen Resultaten geführt habe.

Die Zeugnisse achtbarer und glaubwürdiger Seefahrer, welche anerkennen, nächst Gott, dem Oel die Er-



haltung ihrer Schiffe schuldig zu seyn, sind zahlreich. Unter andern finden wir in dem Werke van Lelyveld's den interessanten Auszug eines Briefes von Hrn. Fengnagel an den Grafen Bentinck, datirt Batavia am 15. Jan. 1770, der auch von Franklin in den *Philosophical Transactions* von 1770 erwähnt wird. Das Schiff *Vrouw Petronella*, am Bord desselben Hr. Fengnagel sich befand, hatte unweit der Inseln Paulus und Amsterdam mit einem heftigen Sturm zu kämpfen, wobei es sein Steuerruder und seine Segel verlor. Hr. F. erklärt nun, daß sie in dieser gefahrvollen Lage ihre Rettung ungefähr sechs halben Ahmen <sup>1)</sup> Oel verdankten, die sie langsam ausflossen ließen, und damit sich gänzlich gegen die Brandung schützten. »Ich war Zeuge davon, schreibt er dem Grafen Bentinck, und ich würde dieses Umstandes nicht erwähnt haben, wenn ich nicht hier (in Batavia) die Leute dermaßen gegen die Sache eingenommen gefunden, daß die Schiffsofficiere, mit mir, genöthigt waren, für die Wahrheit derselben eine förmliche Erklärung abzugeben.«

Nicht minder interessant ist die Nachricht, die Hrn. Van Lelyveld von Hrn. William May mitgetheilt wurde. Auf dem holländischen Kriegsschiff *der Phönix* i. J. 1755 als Marine-Lieutenant dienend, hatte derselbe Gelegenheit, die wellenstillende Wirkung des Oels in der unwiderleglichsten Weise zu beobachten. Er war damals in der Südsee, mit einer zahlreichen Kauffahrteiflotte, unter welcher sich zwei sehr alte, mit Oel beladene Schiffe befanden. Da sie sehr lange vor Anker gelegen, so hatte sich das aus den Fässchen ausgesickerte Oel mit dem in die Schiffe eingedrungenen Wasser gemengt.

Unter der Breite von Lissabon wurden sie von einem wüthenden Sturm überfallen, der zwei Mal vier und zwanzig Stunden anhielt, und die besagten Schiffe zwang, zwei Mal täglich zu pumpen. »Und nun, sagt Hr. May, dieses ausgepumpte Oel breitete sich, trotz des Unge-

1) Ein Ahm = 4 Anker.

stüms der See, ringsum jene beiden Schiffe bis in grossem Abstände aus und vernichtete den Wellenschlag sowohl der grossen als der kleinen Wogen, so dafs diese, nebst den anderen Schiffen, die sich in der Nähe des Oels befanden, rücksichtlich des Meeres eine so vollkommene Stille genossen, wie nach einem Sturme zu herrschen pflegt, d. h. das Rollen der Wogen hielt zwar unausgesetzt an, aber die Oberfläche derselben war glatt und glänzend. Die kleinen Wellen, die sich sonst auf der Oberfläche der grossen zeigen, waren meistentheils verschwunden, und nirgendwo auf dieser grossen Fläche sah man den geringsten Wellenschlag (*batture*), noch die leiseste Kräuselung (*brisants*).«

Einem meiner Freunde verdanke ich in Betreff dieses Gegenstandes folgenden Auszug aus den Papieren eines ausgezeichneten Seemanns, des Hrn. J. W. Scaburn May, Contre-Admirals der niederländischen Marine.

»Gegen Ende des J. 1787 gingen wir mit der Mannschaft des Kutters *Salamander* von 18 Kanonen, an Bord der Brigg *die Post* von 20 Kanonen, Kapitän J. Fullen, und erhielten die Bestimmung nach Ostindien, welche indess, ehe wir unter Segel gingen, in eine Reise nach dem mittelländischen Meere umgeändert ward. Wir fuhren im December aus, und waren kaum auf offenem Meere, als wir von einem so schweren Sturmwetter überfallen wurden, dafs Schiff und Mannschaft in die grösste Gefahr geriethen, selbst nachdem die Batterie über Bord geworfen war. Als wir blofs noch das Focksegel gebrauchten, schlug ich dem Kapitän vor, Oel in's Meer zu schütten, und diess war mit solchem Erfolg gekrönt, dafs das Schiff gerettet ward. Wir liefen in den Hafen von Lissabon ein, um es daselbst ausbessern zu lassen.«

Der Steuermann Izak Kalisraaz von *Haardingen* machte Hrn. Van Lelyveld mehre interessante Mittheilungen über diesen Gegenstand. Er stellte während grosser Wogen (*gros brisants*) wiederholte Versuche an, und gofs jedesmal eine Pinte Thran in's Meer. »Ich schüt-

tete, sagt er, den Thran in dem Augenblick aus, wo die Woge hinter unserem Schiff sich steil in die Luft erhob, und dann, sich krümmend, wie ein Donnerschlag auf das Meer herabstürzte. In diesem Augenblick gofs ich fast das ganze Maafs Thran in's Wasser, während wir aufmerksam zusahen, was sich ereignen würde; drei bis vier Mal wiederholte ich diefs, im Moment, da die Woge sich zu krümmen anfang. Es war, wie wenn diese unlenksame Woge mehr Respect vor dem Oel hatte, wie manches Kind vor seinem Vater; denn sie verlor ihre Wuth und ihre Macht, so dafs weder wir, noch die Schiffe hinter uns, den geringsten Schaden erfuhren, etc. »

Dieser eifrige Mann suchte besonders durch entscheidende Versuche, Diejenigen zu widerlegen, welche behaupteten, dafs das ausgegossene Oel für die ausserhalb seines Wirkungskreises befindlichen Schiffe die Gefahr sehr vergrößere. In Uebereinstimmung mit andern erfahrenen Seeleuten schlofs er, dafs diese Meinung nicht hinlänglich begründet sey. Indefs ist sie, oder war sie wenigstens unter den holländischen Fischern allgemein verbreitet, und es scheint, als habe man es größtentheils ihr zuzuschreiben, dafs diese Entdeckung in Vergessenheit gerathen ist.

Einige machten sich sogar ein Gewissen daraus, sich allein aus der Lebensgefahr ihrer Kameraden zu retten; während andere, weniger gewissenhaft, sich wirklich dieses Mittels bedienten, aber ein tiefes Geheimniß daraus machten, um sich vor der allgemeinen Verachtung zu schützen.

Man machte den Leuten sogar weifs, dafs es bei körperlicher Strafe verboten sey, Oel in's Meer zu schütten. Indefs sind alle Nachsuchungen in den älteren Sammlungen von Seegesetzen und Verfügungen nach solchen Verboten fruchtlos gewesen, so dafs man glauben mufs, diese Angabe sey rein aus der Luft gegriffen <sup>1)</sup>.

1) Hr. Le Francq von Berkhey, Verfasser einer Naturgeschichte von Holland, hat unter andern den Satz vertheidigt, dafs das von ei-

Agge Roskam Kool de Beverwyk, Erfinder eines Instruments zur Rettung der Schiffbrüchigen, und außerdem vortheilhaft bekannt als Verfasser eines maritimen Werks <sup>1)</sup>, giebt darin den Seefahrern folgenden Rath: » Wenn der Patron eines gestrandeten Schiffes glaubt, daß ihm eine Schaluppe entgegen geschickt werde, so muß er Leinöl, Thran, Theer (*huile de la poix*) oder irgend eine andere fettige Substanz, wie fettiges Wasser, in Ermangelung eines Besseren, selbst Bier, über Bord gießen, um die Brandung zu vernichten, und die Annäherung der Schaluppe zum Schiff zu erleichtern. Allein, wenn man Oel oder eine andere fettige Substanz ausschüttet, muß es *oberhalb* der Welle (*au-dessus de la marée*) geschehen, soll anders die herankommende Schaluppe Nutzen daraus ziehen.

Derselbe Kool schrieb an Hrn. Mees zu Rotterdam, daß, als er, an der Küste befindlich, Oel auf Seite des Meers in die Wellen (*brisants*) gegossen hätte, diese vollständig geebnet wurden, so daß eine Schaluppe, in dem Bereich derselben, vollkommen ruhig blieb und ohne Gefahr das Ufer erreichte, wogegen sie, außerhalb der Oelschicht, eine solche Heftigkeit besaßen, daß sie eine norwegische Schaluppe umstürzten. Er setzt noch hinzu, daß wenn die holländischen Fischer mit ihren Pinken bei hochgehendem Meer in Gefahr schwebten an den Küsten zu scheitern, sie die Gewohnheit hätten, hinten und an den Seiten ihrer Schiffe Oel auszugießen, um sich ge-

nem Schiffe ausgegossene Oel die Gefahr für andere an den Grenzen der Oelschicht fahrende Schiffe nothwendig vergrößern müsse, und glaubt es sogar physisch bewiesen zu haben, in einer 17.. zu Leyden veröffentlichten Broschüre voller Bitterkeit gegen Hrn. Van Leyveld. Seine Argumente scheinen mir indess keineswegs überzeugend.

- 1) *Beschryving en onderrigtingen behoorende tot de nieuwe platte paskaart der hollandschen Stranden tuschen de Maas en Texel, gedrukt te Amsterd., by Joannes van Keulen en Zonen, 1773.*

gen die Wogen zu schützen; und dafs diese Mafsregel immer erfolgreich sey. »Wenn man Oel ausgiefst, fährt er fort, so mufs es immer in kleinen Mengen geschehen. Der Radius darf nicht gröfser seyn als eine Tabakspfeife an ihrem dicksten Ende. Man mufs das Oel aus einem Krüge fliefsen lassen, dessen Oeffnung diese Gröfse hat.

In einem neueren maritimen Werke, betitelt: *Hand-leiding tot de Scheeps-bestiering*, erschienen in den Niederlanden, 1823 oder 1824, dessen Verfasser, Franc, vortheilhaft als Seemann bekannt ist, findet man auch den Gebrauch des Oels vorgeschrieben, um, wenn man bei einem Sturm den Wind im Rücken hat, die Brandungen zu passiren.

Sehr bemerkenswerth ist auch noch der vom Admiral Kingsbergen mitgetheilte Auszug eines Briefes von Joh. Alexander Sehkopp, geschrieben 1779 am Bord des Schiffes *de Hoop* auf dem Flusse von Lissabon. Der Verfasser sagt, dafs er im Laufe eines Zeitraums von fünf Jahren die Nützlichkeit des in's ungestüme Meer geschütteten Oels mehr als zwanzig Mal erlebt habe.

Auch die Grönlandsfahrer haben zu allen Zeiten diese Eigenschaft des Oels sehr wohl gekannt; sie fürchten die grofsen Brandungen viel weniger als alle anderen Schiffer, weil sie immer eine hinlängliche Menge Thran am Bord haben.

Wie es scheint, hat man sie ehemals auch sehr wohl in England gekannt; wenigstens giebt es, dem Dr. Wall von Oxford zufolge, ein altes Seegesetz, welches befiehlt, dafs man, wenn man bei einem heftigen Sturme zur Erleichterung des Schiffs genöthigt ist einen Theil der Ladung in's Meer zu werfen, mit dem am Bord befindlichen Oel den Anfang mache. Späterhin scheint diese Vorschrift in Vergessenheit gerathen zu seyn.

In der Mittheilung des bisherigen Details wird man bemerkt haben, dafs die wellenstillende Eigenschaft des Oels in gewissem Grade auch anderen fetten Substanzen

angehört. Schon Franklin erfuhr von Fischern, daß das Wasser hinter einem segelnden, frisch betheerten Schiffe immer sehr ruhig sey; und dies stimmt vollkommen mit der Beobachtung eines ausgezeichneten französischen Seemanns überein, die der Baron von Zach in seiner *Correspondance astronomique* von 1822 mitgetheilt. Dieser Seemann befand sich damals, zu Kingston in Jamaica, in der Unmöglichkeit sein Schiff zu erreichen, da wegen des heftigen Windes und der hochgehenden See, keine Barke es wagen wollte, sich demselben zu nähern. In einer kleinen Entfernung indess lag eine frisch betheerte Fregatte, und rings um sie her hatte der von der Sonnenhitze geschmolzene und tropfenweis in's Meer gefallene Theer dieses so still und glatt gemacht, daß zwei kleine Schaluppen, zur Seite der Fregatte, fast unbeweglich erschienen.

Von diesen selben Seemann erzählt Hr. von Zach weiterhin, daß er als Mitglied der *Société humaine* i. J. 1800 zur Rettung von Schiffbrüchigen den Vorschlag machte, das Meer mittelst Feuerspritzen mit Oel zu besprengen, »weil, sagte er, nur alsdann die Schaluppen sich ohne Gefahr des eigenen Untergangs dem gestrandeten Schiffe nähern können.« Als Beispiel führt er ein holländisches, mit Oel beladenes Schiff an, welches auf den *Godwin-sands* strandete. Die Mannschaft desselben wurde durch das Schiff *Deal* gerettet, welches jedoch erst dann an das andere herankommen konnte, als man einen Theil des Oels in's Meer geschüttet hatte. Sonst wäre wahrscheinlich die ganze Mannschaft verloren gewesen. — Eben so hatte Hr. C. E. M. Richter auf der Küste der Insel Porto-Santo zu sehen Gelegenheit, wie während eines fürchterlichen Sturms, bei welchem ein dänisches Schiff, befehligt von Fedderson, scheiterte, die Mannschaft in einer Schaluppe an's Land gebracht wurde, nachdem man Oel ausgeschüttet hatte <sup>1)</sup>.

1) Reisen zu Wasser und zu Lande, in den Jahren 1805 bis 1817. Dresden 1821. Bd. II.

Nach ihm war das Oel nicht im Stande das Meer vollkommen eben zu machen; allein es bewirkte, daß die Wogen, welche sich als Brandungen aufs Ufer geworfen haben würden, sich in bedeutender Entfernung von demselben anhäuften, und große zusammenhängende walzenförmige Massen (*gros rouleaux continus*) bildeten. Statt daß die Wellen die Barke gegen die Küste trieben und alsdann auf dieser zertrümmerten, führten sie dieselbe jedesmal in solcher Weise vorwärts zur Küste, daß sie von dem nachfolgenden Wellenberg (*lame*) nicht mehr erreicht werden konnte. Diesen Augenblick benutzte die Mannschaft, um die Barke zu verlassen und schleunigst auf dem Strande weiter zu fliehen.

Nach Richter pflegten die Seeleute zu sagen: das Oel jage den Wellen *Furcht* ein.

Nicht minder interessant ist das Zeugniß des Kapitäns Jacobus Swarth, im Dienste der ostindischen Compagnie, von der Kammer zu Amsterdam, mitgetheilt vom Prof. Allamand zu Leyden in einem Briefe an Dr. Klockner.

Derselbe sah i. J. 1740 ein holländisches Schiff an der Insel Gotland scheitern, nicht auf sandigem Strand, sondern auf Felsen, gegen welche eine mächtige Brandung sich erhob. Man sah das Schiff aufstossen, ohne ihm Hülfe leisten zu können; zugleich gewahrte man mit Erstaunen, daß die Mannschaft eine Schaluppe aussetzte und in gerader Linie auf die Felsen zuruderte, daß sie an einer Seite der Felsen anlegte und ganz gemächlich ausstieg, während die Zuschauer am Ufer jeden Augenblick erwartete, daß sie von der Brandung verschlungen werden würde. Diese sahen überdiß, daß das Meer an der Landungsstelle ganz glatt und eben war, und zugleich bemerkten sie vorn auf der Schaluppe einen Mann, der Oel aus einem Krüge in's Meer goß, daß dasselbe sich ausbreitete und die Ebnung des Wassers hervorbrachte.

Nach Franklin haben die Bewohner des Indischen

Archipels seit langer Zeit die Gewohnheit, die fettige Substanz alter zerstampfter Kokosnüsse in's Meer zu werfen, um ihre Schiffe gegen den Wellenschlag zu schützen; und Pringle erzählt, von den Häringsjägern an der schottischen Küste erfahren zu haben, dafs man im Meere die sogenannten Häringsbänke oder Häringshaufen an der Stille und Glätte der Wasserfläche erkennen könne; er schreibt dies der öligen Substanz zu, welche diese Fische aussondern.

Wie Pennant bezeugt <sup>1)</sup> errathen auch die schottischen Fischer, welche auf Seekälber Jagd machen, aus der glatten Meeresfläche, wo diese Thiere sich aufhalten und ölige Fische verzehren; auf solche Weise entdecken sie dieselben.

Hr. J. Boelen, Kapitän in der holländischen Marine, ein ausgezeichneter Officier, sagte mir auch, er habe oft beobachtet, dafs bei aufgeregtem Meere einige Stellen eine ganz glatte Oberfläche zeigen, und man schreibe dies dem Laiche gewisser Fische oder einer von diesen Thieren ausgesonderten öligen Flüssigkeit zu. Es sey auch dort, wo man mit dem Schlachten eines Wallfisches beschäftigt sey, das Meer immer sehr still.

Dieser erfahrene Seemann war überdies sehr wohl mit der meerstillenden Eigenschaft des Oels bekannt, und erwähnte das Beispiel eines Schiffbruchs von einem amerikanischen Schiff, dessen ganze Mannschaft mittelst ausgegossenen Oels gerettet ward.

Als die heftigen Stürme in der Nacht vom 1. auf den 2. September 1833 so grofse Beschädigungen an den Seedeichen in Holland angerichtet, und besonders den berühmten Deich von Westkapel, in Zeeland, dessen Instandhaltung ungeheure Summen kostete, auf die unbarmherzigste Weise verwüstet hatten, kam Hr. P. van Griethuizen, zu Utrecht, auf die Idee, in einigem Abstände

1) *Brit. Zoolog. London 1776. Vol. IV.*



von den Deichen Oel in's Meer zu gießen, um dergleichen Zerstörungen vorzubeugen.

In dieser löblichen Absicht schrieb er eine interessante Brochüre unter dem Titel: *Jets of niets of invalende gedachten over mogelyke behoedmidelen tot beveiliging onzer zeedyken en zee-werengen tegen zware zeestootengen en golfslagen* (Flüchtige Gedanken über die ausführbaren Mittel, um unsere Deiche und Festungswerke an der See gegen schwere Brandung und Wellenschlag zu schützen). In dieser Schrift hat er alles vereinigt, was er über diesen Gegenstand auffinden konnte, um es seinen Landsleuten in's Gedächtniß zurückzurufen.

Was die Wirksamkeit des von ihm vorgeschlagenen Mittels betrifft, so scheint mir kein vernünftiger Zweifel daran vorhanden seyn zu können, und eben so wird der patriotischen Absicht des Verfassers auch Niemand die höchste Wichtigkeit absprechen. Es handelt sich gegenwärtig nur darum, von dem Mittel die wirksamste Anwendung zu machen, und hier bieten sich allerdings Schwierigkeiten dar, die zu überwinden bisher nicht möglich war; — aber wie viele, anscheinend weit größere Hindernisse hat nicht schon das Genie des Menschen zu überwinden gewußt!

Als der Verfasser, bei Veröffentlichung seiner Schrift, dieselbe an den jetzt verstorbenen Professor Moll, in Utrecht, sandte, und denselben um seine Meinung bat, antwortete ihm dieser: Dafs die Wogen durch Oel besänftigt werden können, ist eine unläugbare Thatsache, und schon seit sehr langer Zeit bekannt; allein Sie sind der Erste, welcher die Idee hatte, davon eine Anwendung zu machen auf die Beschützung unserer Seedeiche gegen die Wuth der Stürme. Ihnen gebührt also die Ehre dieses Gedankens, und Sie dürfen ihn daher nicht aufgeben, bis er dereinst verwirklicht worden ist.

Trotz aller Anstrengung, sich nützlich zu machen, hat der thätige Mann bisher nur wenig Unterstützung ge-

funden; indess ist er dadurch nicht entmuthigt, sondern noch täglich mit der Vervollkommnung seiner Ideen beschäftigt.

Die Zeugnisse ausgezeichneter Physiker, im Verein mit der Erfahrung einer so grossen Zahl von Seefahrern sind, glaube ich, hinreichend, als Thatsache festzustellen, dafs das Oel unter gewissen Umständen im Stande ist, die vom Winde erhobenen Meereswogen zu besänftigen.

Ich habe nun noch von einer zweiten Eigenschaft des Oels zu sprechen, die auf dem ersten Blick nicht minder paradox als die erstere erscheint, und meistens zugleich mit ihr beobachtet wird. Wenn man Oel auf vom Winde bewegtes Wasser schüttet, so macht es dasselbe nicht blofs still und glatt, sondern auch, an einigen Stellen, vollkommen durchsichtig. Es nimmt der Oberfläche jeden Reflex (*mirage ou reflet*) der Lichtstrahlen, so dafs unter dem Wasser befindliche Gegenstände sehr deutlich gesehen werden können, sowohl von einem Beobachter oberhalb des Wassers, als von einem Taucher in demselben.

Schon Aristoteles, Plutarch und Plinius kannten diese Erscheinung, und eben so ist sie den Fischern verschiedener Nationen bekannt und von ihnen bei ihrem Gewerbe mit Nutzen angewandt. Unter andern giessen die Fischer bei Gibraltar eine geringe Menge Oel auf das Wasser, um die auf dem Meeresboden befindlichen grossen Austern zu erwischen. Desselben Mittels bedient man sich auch weiterhin an den spanischen Küsten des Mittelmeers, so wie auf den Bermudischen Inseln. Von den Fischern zu Ragusa werden die durch das Oel transparent gemachten Stellen des Meers, durch welche sie den Grund sehen können, sehr naiv *Fenster* genannt. Nach van Lelyveld benutzen die Fischer im Texel ebenfalls diefs Mittel, und Franklin erzählt, dafs die

Taucher an den Küsten des Mittelländischen Meers die Gewohnheit haben, eine gewisse Menge Oel in den Mund zu nehmen, und dasselbe von Zeit zu Zeit fortzuspritzen, um sich mehr Licht unter dem Wasser zu verschaffen und die Gegenstände besser zu unterscheiden.

Diese Eigenschaft des Oels, obgleich auf anderen physikalischen Grundsätzen beruhend als die wellenstillende Tugend desselben, ist nichts destoweniger so innig mit dieser verknüpft, daß es mir unmöglich ist, die Erklärung derselben hier zu übergehen.

Die Eigenschaft des Oels, das Wasser durchsichtig zu machen, stützt sich ganz einfach darauf, daß es sich sogleich in dünner Schicht über eine große Wasserfläche ausbreitet.

Wenn man auf Wasser einen einzigen Tropfen Oel fallen läßt, so sieht man es sogleich nach allen Seiten sich ausdehnen und ein dünnes Häutchen auf dem Wasser bilden. Die Oeltheilchen scheinen sich gegenseitig mit einer solchen Kraft und solcher Geschwindigkeit abzustossen, daß leichte, auf dem Wasser schwimmende Körper unwiderstehlich mit in die Bewegung gerissen werden.

Der gelehrte Abt Mann hat indess schon beobachtet, daß hier die Oeltheilchen sich wirklich nicht abstoßen, wie es Franklin voraussetzte, sondern daß die rasche Ausbreitung des Oels sich sehr wohl aus einfachen hydrostatischen Principien erklären lasse. Der auf das Wasser fallende Oeltropfen hebt sich, wegen seines geringeren specifischen Gewichts, sogleich über die Wasserfläche, und bildet daselbst eine Erhöhung in Form eines Meniskus, von welcher er, den Gesetzen des Gleichgewichts der Flüssigkeiten zufolge, nach allen Seiten abfließt und sich solchergestalt auf dem Wasser ausbreitet, zu einer dünnen Schicht, die immer dünner wird, bis dieses Gleichgewicht hergestellt ist. Läßt man hierauf einen zweiten Oeltropfen auf das Wasser fallen, wel-

ches schon mit einer auch noch so dünnen Oelschicht überzogen ist, so wird sich dieser Tropfen nicht mehr ausbreiten, sondern auf der ersten Schicht in Form eines Meniskus liegen bleiben, und sie, wenn auch nur wenig, niederdrücken, während das einfallende Licht sich in dessen Brennpunkt vereinigt.

Diese Ausbreitung des Oels geschieht noch rascher, wenn das Wasser Kali oder Kalk enthält, und die zähen, schmierigen thierischen Oele sind, wie es scheint, zu dieser Wirkung weniger geeignet als die pflanzlichen, dünnflüssigeren Oele.

Einige Oelarten, wie unter andern gereinigtes Leinöl, Baum- oder Rüböl und besonders Terpenthinöl, zeigen bei dieser Erscheinung sehr lebhaft prismatische Farben. In dem Maasse als die Oelschicht bei der Ausbreitung an Dicke abnimmt, sieht man allmählig durch Reflexion verschiedene Ordnungen von Farben entstehen, bis sie zuletzt, außerordentlich dünn geworden, an einigen Stellen alle einfallenden Lichtstrahlen durchläßt und somit vollständig für das Gesicht verschwindet. Alsdann tritt jene vollständige Durchsichtigkeit ein, die uns hier beschäftigt.

Dem großen Newton verdanken wir die Entwicklung der Gesetze, nach welchen alle durchsichtigen Körper, in dünne Plättchen verwandelt, das einfallende weiße Licht in verschiedene Farben zerlegen. Diese Farben sind abhängig von der Dicke der Platten, von dem Brechungsvermögen der Substanz, aus welcher sie gebildet sind, und von dem Winkel, unter welchem das Licht einfällt.

Newton berechnete (für *Luft*, *Wasser* und *Glas*) diejenige Dicke dieser Platten, bei welcher die verschiedenen Hauptfarben unter senkrechtem Einfall der Strahlen des natürlichen Lichts, sowohl vermöge Reflexion als Transmission, zum Vorschein kommen <sup>1)</sup>. Nach ihrem

1) Newton, *Optice ex vertione Clarkii. Laus. et Geneve*, 1740 p. 175.

Glanz und ihrer Reinheit theilte er diese Farben in verschiedene Ordnungen, die noch seinen Namen führen. Er studirte sie nicht nur in der dünnen Luftschicht, welche von zwei Gläsern, einem convexen und einem planen, eingeschlossen ist, und diese Farben in Gestalt concentrischer Ringe zeigt, sondern auch hauptsächlich in den Seifenblasen, welche er auf eine zu diesen Versuchen geeignete Weise hervorzubringen lehrte.

Ein englischer Physiker, der Dr. Reade, hat neuerlich einen einfachen Apparat angegeben, durch welchen diese Versuche eine wichtige Verbesserung erfahren haben <sup>1)</sup>.

Eine luftleere Flasche enthält nämlich eine Lösung von weißer oder grüner Seife in destillirtem Wasser; schüttelt man sie, so entstehen Blasen, die nicht rund, sondern vollkommen eben sind, und welche Stunden, ja zuweilen ganze Tage lang sich halten, ohne zu platzen.

Sobald diese ebenen Wasserblättchen, welche zuweilen in horizontaler Lage die ganze Breite der Flasche einnehmen, durch das an den Wänden herabfließende Wasser hinreichend dünn geworden sind, sieht man die schönsten Farben sich in Streifen oder Strichen, nach Ordnung der Newton'schen Farbenringe entwickeln; und wenn das Wasserblättchen keine Farben mehr zeigt, kann man durch vorsichtiges Neigen der Flasche und indem man auf diese Weise das Blättchen von Zeit zu Zeit mit Seifenwasser trinkt, nach Belieben alle Farben wieder hervorrufen, und die Versuche mit einem und demselben Wasserblättchen so oft man will wiederholen <sup>2)</sup>.

1) *Lond. and Edinb. Philosoph. Magazine and Journal of Science, Vol. XI p. 375. „On a permanent soap-bubble.“*

2) Mehre mit diesem Apparat gemachte Versuche lassen mich glauben, daß diese Farben nicht sowohl von den Wasserblättchen gebildet werden, als vielmehr von einer, auf deren Oberfläche ausgebreiteten, sehr dünnen fettigen Membran.

Während die auf gewöhnliche Weise gebildeten Seifenblasen bald platzen, so wie die in ihnen enthaltene Luft durch Wärme ausgedehnt wird, kann man diese Flasche nach Belieben erwärmen, ohne daß die Blasen, die sie in ihrem luftleeren Innern enthält, zerstört werden. Der Erfinder nennt diese Blasen *permanente*; allein sie verschwinden doch nach einer mehr oder weniger langen Zeit, und verdienen daher diesen Namen nicht ganz.

Nachdem diese durchsichtigen Wasserblättchen bei allmähligem Dünnerwerden all die herrlichen Farben der Newton'schen Ringe reflectirt haben, und sie zuletzt außerordentlich dünn geworden sind, bemerkt man, daß sie weder Farben, noch überhaupt Licht reflectiren, sondern die Strahlen gänzlich durchlassen.

Auf den gewöhnlichen Seifenblasen zeigen sich, wenn sie zu platzen im Begriff stehen, Punkte als schwarze Flecke, die nur kurze Zeit dauern; in dem luftleeren Raum der Flasche kann man sie dagegen auf die leichteste Weise so lange beobachten als man will <sup>1)</sup>.

Hier ist es nun, wo wir die Erklärung des besprochenen Phänomens finden.

Sobald das auf der Wasseroberfläche ausgebreitete Oelhäutchen zum Theil so dünn geworden ist, daß es nicht das mindeste Licht mehr reflectirt, sondern alles gänzlich durchläßt, ist der Zeitpunkt gekommen, wo das Wasser jenen Grad von Durchsichtigkeit erlangt, dessen sich, wie wir gesehen haben, die Fischer bedienen, um ihre Beute zu fangen.

Die Hauptursache, weshalb wir Gegenstände unter

- 1) Späterhin hat man in Amerika gefunden, daß man aus einem Gemische von geschmolzenem Harz und Leinöl Blasen bilden kann, die sich halten, und also mit vollem Recht *permanent* genannt werden können. Der Versuch hat mir indeß bewiesen, daß die Sache nicht so leicht ist; wenigstens ist es mir trotz vielfacher Bemühungen nicht gelungen solche Blasen permanent zu erhalten.

Wasser nicht deutlich erkennen können, besteht in der Spiegung (*mirage*) an der Oberfläche: ein großer Theil der einfallenden Lichtstrahlen wird durch sie reflectirt, und kann also nicht zur Beleuchtung und Sichtbarmachung der unter dem Wasser befindlichen Gegenstände dienen. So wie nun das Oelhäutchen auf der Oberfläche des Wassers so dünn geworden ist, daß es das Licht nicht mehr reflectirt, sondern gänzlich durchläßt, ist dieß Hinderniß nicht mehr vorhanden. Fast alle einfallenden Lichtstrahlen dienen alsdann zur Beleuchtung der Gegenstände unter Wasser und machen sie sichtbar.

Diese Erklärung von der das Wasser durchsichtig machenden Eigenschaft des Oels läßt, wie es mir scheint, nichts zu wünschen übrig. Die sehr geringe Dicke des Oelhäutchens erklärt auch den sonderbaren Umstand, daß es zur Besänftigung der Wellen nur sehr kleiner Mengen Oel bedarf, und hängt somit innig zusammen mit der Erscheinung, die den Hauptgegenstand dieser Abhandlung ausmacht; allein dennoch wird es nicht leicht seyn, von dieser Erscheinung eine genügende Erklärung zu geben.

Einige Physiker haben geglaubt, diese Erscheinung stehe in Beziehung zu demjenigen, welches Allen, die Wasser oder andere Flüssigkeiten in offenen Gefäßen tragen, sehr wohl bekannt ist, daß nämlich durch das Schwimmen eines leichten Körpers, z. B. eines Bretchens, welches man auf die Flüssigkeit gelegt hat, das Ueberschwabbern verhindert wird, welches sonst bei plötzlichen Bewegungen des Gefäßes eintreten würde.

Unter andern war Achard so eingenommen für diese Idee, daß er statt des Ausgießens von Oel vorschlug, leere Tonnen oder anderes leichtes Holzwerk neben den Schiffen schwimmen zu lassen, um sie gegen Wellenschlag und Brandung zu sichern <sup>1)</sup>.

1) Sammlung physikalischer und chemischer Abhandl. Bd. I. Berl. 1784.

Es werden einige Worte genügen, um die Untauglichkeit dieses Vorschlags zu erweisen. Ein Brettchen, das in einem Eimer auf einer Flüssigkeit schwimmt und einen Theil von deren Oberfläche bedeckt, verhindert die Bildung kleiner rückprallender Wellen, wie mir scheint, ganz einfach vermöge seiner Unbeugsamkeit. Solche Wellen können sich weder durch Stöße in kurzen Zwischenzeiten, noch durch eine Oscillationsbewegung des Eimers bilden, weil das Brettchen mit seiner ganzen Unterfläche in Adhärenz mit der Flüssigkeit steht und an derselben fest haften bleibt, mithin sich weder biegen, noch eine Wellenform annehmen kann. Auf welche Weise auch der Eimer erschüttert werde, so beschränkt sich doch die ganze Bewegung der Flüssigkeit an ihrer Oberfläche nothwendig auf die Bildung einer einzigen grossen Welle, durch welche das Brettchen freilich in eine Schwingungsbewegung versetzt werden, dasselbe aber nie ein Rückprallen verursachen kann.

Da nun das dünne Oelhäutchen, welches, wie wir gesehen, zur Stillung der Wellen hinreicht, sehr biegsam ist, mit Leichtigkeit alle Formen der Wellen annimmt, so scheint mir einleuchtend, dafs dessen Wirkung gar nicht verglichen werden kann mit der eines unbeugsamen Brettchens, welches auf dem Wasser schwimmt. Sehr wahrscheinlich ist mir, dafs die Körper, welche nach Achard's Vorschlag ringsum das Schiff schwimmen sollen, dasselbe bei einem heftigen Sturm viel eher beschädigen, als beschützen würden.

Eine andere Erklärung, die einige Physiker von dem in Rede stehenden Phänomen gegeben haben, scheint auf dem ersten Blick mehr Wahrscheinlichkeit zu haben. Sie meinten in der Undulation einer mit einer dicken Oelschicht bedeckten Wasserfläche das nämliche Phänomen wieder zu finden, und glaubten überdiess dasselbe nach den bekannten *hydrostatischen* Gesetzen erklären zu können <sup>1</sup>).

1) Gilb. Annal. d. Physik (1809), Bd. XXXI S. 78. „Erklärung



Nimmt man ein Glas, gefüllt mit Wasser, auf welchem eine dicke Oelschicht schwimmt, neigt es eine Zeit lang hin und her, und hält es darauf plötzlich an, so sieht man in der That, dafs das Wasser noch einige langsame Oscillationen in Form von Wellen macht, während die obere Fläche des Oels schon in Ruhe ist und wieder eine horizontale Lage angenommen hat. Das Wasser kehrt, wie man sagt, mit geringerer Geschwindigkeit in die horizontale Lage zurück, und vollführt seine Oscillationen langsamer als wenn es sich ohne Oelbedeckung in einem Glase befindet, weil es nur mit dem Ueberschufs seines Gewichts über das des Oels sein Niveau wieder herzustellen sucht, während es im letzteren Falle hiezu mit seinem vollen Gewichte wirkt.

Möglich, dafs dies wahr sey, aber die Anwendung davon auf unseren Gegenstand scheint mir jedenfalls sehr unrichtig zu seyn, da dabei vorausgesetzt wird, das Wasser sey mit einer Oelschicht von solcher Dicke bedeckt, dafs sie die *Vertiefungen* zwischen den aufeinanderfolgenden *Wellenbergen* vollständig ausfüllen, und somit eine horizontale Oberfläche annehmen könne, während das Wasser darunter noch zu unduliren fortfährt. Dies geschieht aber sicher nicht bei der dünnen Oelschicht, um welche es hier sich handelt.

Ueberdies haben mehrere wichtige Versuche uns gelehrt <sup>1)</sup>, dafs die Erscheinungen, welche eintreten, wenn man Flüssigkeiten von verschiedener Dichtigkeit übereinanderschichtet, und das Gefäfs, welches sie enthält, in Bewegung setzt, lange nicht so einfach sind als man anfangs glaubte; so dafs die bekannten *hydrostatischen* Gesetze nicht hinreichen zu ihrer Erklärung, weil, aufser den specifischen Gewichten dieser Flüssigkeiten, die ge-

einer von Franklin beobachteten hydrostatischen Erscheinung, und ob Oel die Wellen zu stillen vermöge; von Robinet. *Journ. de phys.* 1807, Oct. p. 277.

1) Ann. der Phys. und Chem. von Poggendorff, 1834 Bd. XXXI S. 37.

gegenseitige Adhärenz und die chemische Zusammensetzung derselben eine wichtige Rolle hierbei zu spielen scheint.

Ich kann bei dieser Gelegenheit nicht unterlassen, ein Beispiel anzuführen von den vielen interessanten Erscheinungen, zu welchen diese Versuche Anlaß gaben.

Es ist genügend bekannt, daß, wenn man ein cylindrisches Gefäß, welches eine Flüssigkeit enthält, mit einer gewissen Geschwindigkeit um seine Axe drehen läßt, die Oberfläche dieser Flüssigkeit eine *concave* Gestalt annimmt.

Vermöge der Centrifugalkraft erhebt sich die Flüssigkeit auf allen Seiten gegen die Wände des Gefäßes, und scheint somit ein Becken zu bilden. In mehr oder weniger beträchtlichem Grade zeigt sich diese Erscheinung bei allen Flüssigkeiten ohne Ausnahme. Enthält das Glas aber Flüssigkeiten von verschiedener Dichte, z. B. *Wasser* und *Oel*, so entstehen bei der Rotationsbewegung des Glases um seine Axe eigenthümliche Erscheinungen, die bei weitem noch nicht erklärt sind.

Während die obere Fläche der beiden übereinander geschichteten Flüssigkeiten nach den bekannten Gesetzen bald eine *concave* Gestalt annimmt, sieht man dagegen die Oberfläche der unteren, dichteren Flüssigkeit, die Trennungsfläche beider Flüssigkeiten, eine *convexe* Form annehmen, welche, bei einer sehr beschleunigten Rotation des Glases, bisweilen sogar die obere *concave* Oberfläche schneiden kann, so daß alsdann die leichtere Flüssigkeit wie ein Ring um die dichtere erscheint.

Obgleich diese schönen Versuche, die sehr verdienten im Detail bekannt zu seyn, uns offenbar lehren, daß bei der Bewegung von Flüssigkeiten verschiedener Dichte, die einander bedecken, ungewöhnliche Phänomene stattfinden, so scheint mir doch, daß sie keine directe Beziehung zu dem vorliegenden Gegenstand haben. Man muß also, meiner Meinung nach, die Erklärung der sonderbaren Erscheinung, daß eine dünne Oelschicht das

vom Winde aufgeregte Wasser beruhigen kann, auf einem ganz andern Wege suchen.

Sonderbar genug scheint Aristoteles schon die Aufgabe weit besser ergründet zu haben als mancher der neueren Physiker, selbst unserer Tage, wenn er, nach der Angabe Plutarch's, die Meinung ausspricht, es könne die Ursache des Phänomens wohl darin liegen, daß der Wind, auf der Oberfläche des Wassers fortgleitend, nicht eingreifen könne, um Wellen zu erzeugen.

Und in der That, der Schlüssel zum Geheimniß scheint in diesem einfachen Umstand gesucht werden zu müssen; der geistreiche Franklin, der sich lange ausschliesslich mit diesen Erscheinungen beschäftigte und sie unter verschiedenartigen Umständen studirte, so wie die deutschen Physiker E. H. und W. Weber theilen diese Meinung <sup>1</sup>). Zwischen Luft und Wasser giebt es natürlich eine Adhäsion, eine gewisse Affinität. Das Wasser saugt begierig die Luft ein, mit welcher es in Berührung kommt, so daß man sie nur mit Schwierigkeit wieder austreiben kann. Wenn daher, bei einem mehr oder weniger starkem Winde, ein Luftstrom über die Oberfläche des Wassers hinweggeht, so hängt sich die Luft gleichsam an die Wassertheilchen und furcht die vorhin ebene Fläche zu kleinen Wellen aus, die, bei einem anhaltenden Winde, fortwährend wachsen und bald grofse Wogen bilden <sup>2</sup>).

Oele, wie überhaupt alle fettigen Substanzen, lassen sich nur schwierig mit dem Wasser mengen, überziehen

1) Weber's Wellenlehre. Leipzig 1825. S. 67 und 68.

2) Der holländische Marine-Kapitän Hr. J. Boelen theilte mir noch über diesen Gegenstand eine interessante Thatsache mit, die er oft zu beobachten Gelegenheit hatte, nämlich daß das Meer bei schönem und heiterem Wetter zu einer gröfseren Höhe steige als bei bedecktem und nebligem Wetter; daraus müfste man schliessen, daß trockne Luft mehr Adhärenz zum Wasser besitze als eine mit Feuchtigkeit beladene.

dessen Oberfläche aber schnell in einer dünnen, leichten und sehr beweglichen Schicht. Auf diese Weise kann der schiefe Stofs des Windes die Wasserfläche nicht mehr furchen, auch nicht mehr die Bildung kleiner Wellen veranlassen, welche nach und nach sich vergrößern; sondern er wird grösstentheils dazu verwandt, die Oelschicht auf der Wasserfläche fortzuschieben und dünner zu machen.

Durch dieses Oelhäutchen scheint das Wasser dem Einflufs des Windes gänzlich entzogen zu seyn, und selbst wenn es so dünn geworden, dafs es aufhört Licht zu reflectiren, scheint es noch hinreichend, das Wasser gegen die Einwirkung des Windes zu schützen, so lange seine Verknüpfung mit demselben aufrecht gehalten bleibt <sup>1)</sup>. Um diesen Zweck zu erreichen, mufs man das Oel nicht *unterhalb*, sondern *oberhalb* des Windes ausschütten, weil dann der Wind immer eine neue Portion Oel zum Ausbreiten auf der Wasserfläche vorfindet, mithin das Oelhäutchen nicht zerrissen wird, sondern bleibend ein unverletztes Continuum bildet.

Nach dieser Voraussetzung begreift man leicht, wie  
aus-

- 1) Nimmt man das Brechungsverhältnifs des Rüböls  $= 1,475$ , so giebt eine einfache Rechnung, nach der Newton'schen Tafel, für die Dicke des Oelhäutchens, welches kein Licht mehr reflectirt, und auf welchem sich die schwärzesten Flecke bilden,  $= 0,00361$  Millimeter.

Sicher bedarf es nur einer sehr geringen Kraft, um den Zusammenhang eines so äufserst dünnen Oelhäutchens zu zerreißen; allein selbst angenommen, dafs es die doppelte Dicke habe, d. h. eine  $= 0,00722$ , würde sein Zusammenhang in einigen Fällen ohne Zweifel hinreichend seyn, um die ganze Wasserfläche vor dem Einflufs des Windes zu schützen. Auf diese Weise könnte man noch 5807 Hectares oder 58070 Quadratmeter mit einem *einzig* Liter Oel überziehen.

Aus dieser Rechnung ersieht man, dafs es nur sehr wenig Oels bedarf, um auf einer bedeutend grofsen Wasserfläche die schäumenden Wogen zu besänftigen, was einer der sonderbarsten Umstände dieses Phänomens und ganz paradox zu seyn scheint.

ausgegossenes Oel, selbst bei ziemlich starkem Winde, die Bildung der ersten kleinen Wellen, welche man als die Keime der gröfseren betrachten kann, zu verhindern im Stande ist. Allein, wie wir gesehen, beschränken glaubwürdige Nachrichten sich nicht blofs darauf, diese Wirksamkeit des Oels festzustellen; sie gehen viel weiter, indem sie uns versichern, dafs selbst, wenn die Wogen so durch den Wind angewachsen sind, dafs sie als wahrhaftige Brandungen das Schiff zu verschlingen drohen, ihre Wuth dennoch bald durch das Oel gebändigt wird, und sie wie durch ein schweres Gewicht niedergedrückt erscheinen.

Man mufs bekennen, dafs, besonders in Betreff des ersten dieser beiden Punkte, noch viele Dunkelheit herrscht, und überhaupt, beim gegenwärtigen Zustand unserer Kenntnisse, die Aufgabe schwierig ist. Allgemeine Betrachtungen, hergeleitet aus Untersuchungen und Beobachtungen über die Wellen und deren Bildung, werden vielleicht einiges Licht über diesen Gegenstand verbreiten, werden ihn aber nicht vollständig aufhellen.

Wenn man die grofsen Wellen bei starkem Winde beobachtet, so entdeckt man, wie schon Franklin bemerkte, dafs deren Oberfläche mit einer Unzahl von Furchen oder kleinen Wellen bedeckt ist. Diesen kleinen Wellen, welche, wie wir so eben gesehen, ihren Ursprung der Adhäsion zwischen Luft und Wasser verdanken, mufs man es nun hauptsächlich zuschreiben, dafs die grofsen sich bei anhaltendem Winde fortwährend vergröfsern, bis sie zuletzt, wie Brandungen hoch, alles um sich her mit Tod und Vernichtung bedrohen.

Sobald die Wellen mit einem Oelhäutchen überzogen sind, hört die unter gewöhnlichen Umständen zwischen Wasser und Luft stattfindende Adhäsion auf. Es bilden sich auf den Wellen keine Furchen mehr, ihre Oberfläche wird vollkommen glatt, und während auf diese Weise die Hauptursache zur Vergröfserung der Wellen

wegfällt, begreift man, daß sie, nach einer mehr oder weniger langen Zeit, endlich an Gröfse abnehmen müssen.

Es bleibt indess noch zu erklären, wie ausgegossenes Oel so momentan auf eine bereits sehr hohe und drohend gegen das Schiff sich krümmende Welle wirken könne, wie wir es in den Erzählungen einiger Seefahrer und besonders in dem naiven Bericht des Steuermanns Izaak Kalisraaz von Haardingen angegeben finden.

Die Thatsache, daß die Wogen, nach der Ausschüttung des Oels wie mit einem Gewichte beschwert erscheinen, läßt sich einigermassen aus der Zerlegung der schiefe auf die Wellen wirkenden Kraft des Windes erklären.

Es sey nämlich (Taf. I Fig. 14)  $AB$  die Kraft des Windes, welche unter einer schiefen Richtung auf die Wasserfläche  $CD$  wirkt. Diese Kraft kann in zwei andere, unter sich rechtwinkliche zerlegt werden, eine  $FB$ , die senkrecht, und eine  $BG = BE$ , die horizontal wirkt.

Wenn die Wasserfläche mit einer dünnen, ungemein beweglichen dünnen Oelhaut bedeckt ist, so kann die horizontale, nach  $BC$  wirkende Componente des Windes sich nicht den Wassertheilchen fühlbar machen; sie bewirkt nur eine fortwährende Verdünnung der Oelschicht, zur selben Zeit, da sie dieselbe von  $B$  nach  $C$  fortschiebt; während die senkrechte Componente der Kraft des Windes  $FB$  sogleich zur Senkung der Wellen beitragen oder wenigstens ihr ferneres Wachsen verhindern muß.

Man kann mir vielleicht einwerfen, daß diese senkrechte Componente gleichmäfsig auf die *Scheitel*  $A$ ,  $B$ ,  $C$  und auf die *Vertiefungen*  $D$ ,  $E$ ,  $F$  der Wellen wirke (Taf. I Fig. 15), sie also beide gleichmäfsig niederdrücken müsse, so daß im Ganzen die Höhe der Wellen nicht geändert werden könne, da diese Höhe sich bestimmt aus der Niveaudifferenz zwischen den *Scheiteln* und den *Vertiefungen* aufeinanderfolgender Wellen.

Es scheint mir indess, daß wegen der schiefen Rich-

tung des Windes, wie sie in Fig. 15 durch Pfeile angedeutet ist, jede Vertiefung einer Welle etwas geschützt sey durch den Scheitel der vorhergehenden Welle, so daß die Scheitel immer etwas stärker als die Vertiefungen gedrückt werden, und die Wellen bald an Höhe abnehmen müssen, desto mehr als die Bildung neuer Furchen oder kleiner Wellen auf der Oberfläche der großen, durch welche diese sich fortwährend vergrößern, von der Oelschicht verhindert worden ist.

Diese Betrachtung erlangt, wie mir scheint, noch mehr Gewicht, wenn man erwägt, daß die Kraft des Windes in sehr vielen Fällen unter einen weit spitzeren Winkel auf die Oberfläche des Wassers wirkt als es die Pfeile in der Figur andeuten; diess verringert zwar seine verticale Componente, welche das Wasser niederdrückt, aber es sind auch dabei die Vertiefungen mehr geschützt gegen den Wind durch die Scheitel der vorangehenden Wellen.

Es wird unnöthig seyn, hier zu erinnern, daß die eigentlichen Wellen keine fortschreitende Bewegung, sondern bloß eine schwingende besitzen, wodurch jeder Wellenberg sich einen Moment hernach in ein Wellenthal verwandelt, und so umgekehrt; doch diess hat nichts mit der Aufgabe zu schaffen.

Von einem schiefen Winde werden die Wellenberge immer mehr herabgedrückt als die dazwischen liegenden Wellenthäler, so daß ihre Höhe zuletzt abnehmen muß.

Das Oel kann demnach die Senkung der Wellen nur sehr langsam bewirken. Alle Versuche stimmen auch darin mit den Erzählungen der Seefahrer überein, daß das Oel die Brandung und den Wellenschlag zwar augenblicklich (*spontanément*) besänftige, das Hochgehen des Meeres, das Rollen der hohen Wellen aber, wenn auch abnehmend, doch noch immer eine gewisse Zeit fortbestehe.

Bemerkenswerth ist, dafs das Oel da am kräftigsten wirkt, wo die Gefahr am grölsten ist.

Der Seefahrer fürchtet besonders die Brandungen und das Wellenschlagen als zerstörend für sein Schiff, aber keineswegs die Oscillation der gehobenen Wellen, welche ihn zwar hin und her schaukeln, aber nicht in Gefahr setzen. Die Brandung und der Wellenschlag sind es auch, durch welche die äufseren Deiche und Festungswerke am Meer bei starken Stürmen am meisten zu leiden haben.

---

Obgleich wir sicher noch nicht im Stande sind, alle bei Ausschüttung von Oel auf Wasser vorkommenden Erscheinungen strenge zu erklären, so sehen wir doch, wenn ich nicht irre, durch vorstehende Betrachtungen einen Theil des Paradoxons verschwinden, was diese Aufgabe im ersten Augenblick darbietet.

Um eine Erklärung zu finden, die nichts zu wünschen übrig läfst, müssen diese Erscheinungen noch erst mit der grölsten Genauigkeit und in allen ihren Einzelheiten untersucht werden.

Der Gegenstand ist der Aufmerksamkeit der Physiker würdig, und scheint mir, in mancher Beziehung, für alle seefahrenden Nationen von der höchsten Wichtigkeit zu seyn.



X. *Bericht von einigen Versuchen mit der Drehwage zur Bestimmung der mittleren Dichtigkeit der Erde; von Hrn. Francis Baily.*

Vice-Präsidenten der K. astronomischen Gesellschaft zu London.

(*Phil. Mag. Ser. III Vol. XXI p. 111*, wo dieser Bericht aus dem *Monthly Notices of the royal Astronomical Society* genommen ist.)

Der Verf. beginnt seinen Bericht mit einem kurzen geschichtlichen Rückblick auf die früheren Arbeiten von Maskelyne und Cavendish. Er hält die Versuche von Maskelyne über die Anziehung des Shehallien-Berges keineswegs für entscheidend in der Frage über die Dichtigkeit der Erde, und was die von Cavendish mit der Drehwage betrifft, so ist er der Meinung, daß dieser Physiker bei Veröffentlichung seiner Abhandlung mehr den Zweck hatte, eine Probe zu geben von der ihm vortrefflich scheinenden Methode zur Bestimmung dieses wichtigen Elements, als daraus ein Resultat herzuleiten, welches auf das volle Vertrauen der wissenschaftlichen Welt Anspruch machen könnte. Denn Cavendish selber (der nur 23 Versuche machte) spricht einigen Zweifel darüber aus, und deutet auf Versuche, welche er im Sinne hatte, um einige ihm vorgekommene Unregelmäßigkeiten aufzuklären. Da indess von späteren Versuchen nichts verlautet ist, und auch unter Cavendish's Papieren nichts gefunden werden kann, was neues Licht auf den Gegenstand würde, so ist unter Wissenschaftsmännern oft davon die Rede gewesen, daß eine Wiederholung der Versuche unter andern Umständen und mit all den Vervollkommnungen der neueren Apparate zeitgemäß und nützlich sey, und der Vorstand dieser Gesellschaft setzte im J. 1835 eigends zur Erwägung dieses Gegenstands einen Ausschuss nieder. Es sind indess von

dieser Körperschaft keine Schritte zur Ausführung dieser Maafsregel gethan, bis im Herbst 1837 der K. Astronom Hr. Airy (einer der Vice-Präsidenten dieser Gesellschaft) von der Regierung die Summe von 500 Pfund Sterling zu diesem Behufe erhielt.

Nachdem Hr. Baily sich erboten, die Anstellung der vorgeschlagenen Versuche und die Berechnung der Resultate zu übernehmen, wurde der Plan und die ganze Ausführung des Werks seinem Ermessen und seiner Leitung anheimgestellt.

Es ist einigermassen sonderbar (*somewhat singular*), dafs, während dieser Plan in England im Werke war, eine ähnliche Reihe von Versuchen von Hrn. Reich, Professor der Physik an der Berg-Academie zu Freiberg unternommen und ausgeführt ward. Ein Bericht davon wurde in der Versammlung der deutschen Naturforscher zu Prag i. J. 1837 vorgelesen und ein Abrifs desselben in den »*Monthly Notices*« (Decemb. 1837) dieser Gesellschaft gedruckt <sup>1</sup>). Obwohl diese Versuche im Ganzen mit den von Cavendish erhaltenen Resultaten gut übereinstimmen, so thun sie doch dem Plane der Gesellschaft keinen Eintrag, da dieser nicht blofs eine Wiederholung der Cavendish'schen Versuche in ziemlich ähnlicher Weise beabsichtigte, sondern auch eine Erweiterung derselben, durch Abänderung der Gröfse und Substanz der angezogenen Kugeln, durch Ermittlung des Einflusses verschiedener Aufhängeweisen, durch Anwendung bedeutender Temperatur-Unterschiede und durch andere Veränderungen, auf die man im Verlaufe der Untersuchung verfallen möchte. Reich machte nur von *einer einzigen* Masse Gebrauch, und zwar von einer, die an Gewicht weit unter den *zwei* von Cavendish angewandten lag. Das Gewicht von Reich's gröfser Kugel

1) Hr. Prof. Reich hat seine Versuche ausführlich beschrieben in einer kleinen Schrift unter dem Titel: *Versuche über die mittlere Dichtigkeit der Erde mittelst der Drehwage*. (Freiberg 1838.)

betrug wenig mehr als 99 Pfund Avoirdupoids, während die beiden Kugeln, welche Cavendish anwandte, wohl 700 Pfund wogen. Reich's Versuche waren (wie die von Cavendish) ebenfalls gering an Zahl; er machte nur 57, aus denen er 14 Resultate herleitete. Das Mittel derselben giebt die Dichtigkeit der Erde  $= 5,44$ , fast identisch mit dem Resultat von Cavendish.

Da ein großer Theil des Apparats, welcher bestellt worden, um diese Zeit vollendet, und der übrige bedeutend vorgeschritten war, so beschloß Hr. Baily, ungeachtet dieser scheinbaren Bestätigung der Cavendish'schen Versuche, an die Untersuchung zu gehen. Mehrere Personen schlugen verschiedene Orte vor als am zweckmäßigsten und bequemsten zur Anstellung dieser Versuche; allein nach Besichtigung mehrer derselben und nach Erwägung aller Umstände dabei entschloß sich Hr. Baily zuletzt, sie in seinem eigenen Hause zu unternehmen, da er dieses nicht nur für am bequemsten hielt, sondern auch für so zweckgemäß als irgend eins, welches eigends für den Zweck erbaut worden wäre. Dieß Haus steht abgesondert von jedem andern Gebäude in einem großen Garten, in einiger Entfernung von der Strafe und hat nur ein Stockwerk.

Der Verf. beschreibt alsdann das Zimmer, in welchem die Versuche angestellt wurden, und eben so den Apparat, den er zu diesem speciellen Zweck construirt hatte. Obgleich dieser Apparat im Allgemeinen dem von Cavendish ähnlich war, so wich er doch in einigen Punkten wesentlich von demselben ab. Die großen Kugeln (oder *Massen*, wie sie genannt worden sind) hängen bei Cavendish und Reich von der Decke herab; allein Hr. Baily liefs sie von einem auf dem Boden stehenden und um eine Axe drehbaren Gestell tragen, und die kleinen Kugeln von der Decke herabhängen. Diese umgekehrte Art, die Massen zu bewegen, hält er für eine große Verbesserung, denn, sagt er, nichts kann die Ruhe,

Festigkeit und Leichtigkeit übertreffen, mit welcher sich die großen Massen bewegen lassen, und während der vielen tausend Male, daß ich sie rück- und vorwärts gedreht, habe ich nie die geringste Abweichung von der vollkommensten Genauigkeit beobachtet. Nach Beendigung der Versuche drehte sich die Axe so sanft, so frei und genau, wie beim Beginn derselben. Die kleinen Kugeln waren bei Cavendish und Reich mittelst eines dünnen Drahts an das Ende des Torsions-Balkens aufgehängt, wogegen Hr. Baily sie an die Enden dieses Balkens fest schraubte, so daß sie einen unverrückbaren Theil desselben ausmachten. Die Bewegung des Torsions-Balkens wurde, nach dem Vorgange von Reich, mittelst des Bildes beobachtet, welches ein, in der Art, wie es Gauss zu magnetischen Versuchen anwandte (*proposed*) <sup>1)</sup>, an der Mitte des Balkens befestigter Spiegel von einer Skale reflectirte. Es wurden auch noch einige andere Abänderungen mit der Construction des Apparats vorgenommen, deren genauere Beschreibung aber für jetzt unnöthig seyn würde.

Hr. Baily wandte zuweilen mehre kleine Kugeln an, von verschiedener Größe und aus verschiedenen Substanzen, in der Absicht zu ermitteln, ob dieß Einfluß habe auf die Resultate. Die Kugeln waren von Platin, Blei, Zink, Glas, Elfenbein, *hohl* von Messing, von  $1\frac{1}{2}$  bis  $2\frac{1}{4}$  Zoll im Durchm. Auch die Aufhängweise wurde aus ähnlichem Grunde abgeändert. Drähte von Eisen, Kupfer und Messing nebst Seidenfäden wurden successive angewandt, nicht bloß einfach, sondern doppelt, wie bei dem von Gauss zu gewissen Zwecken angegebenen Bifilar-Magnetometer. Im Mittel betrug das Gewicht einer jeden der großen Kugeln (oder Massen) 2663282 Grains oder 380,5 Pfund Avoirdupoids, nach einer Bestimmung mittelst der genauen Wagen der Bank von

1) Vorgeschlagen wurde dieser Gebrauch des Spiegels bekanntlich von mir schon i. J. 1826. (Ann. Bd. VII S. 121.) P.

England. Das Gewicht der kleinen Kugeln ging von 1950 bis 23742 Grains. Die Länge des Aufhängefadens (*suspensions-line*) betrug 60 Zoll, und die Länge des Torsionsbalkens (zwischen den Mittelpunkten der beiden daran befestigten Kugeln) nahe 80 Zoll. Der Torsionsbalken war von vortrefflichem Tannenholz, seiner ganzen Länge nach von gleicher Gestalt, und nur etwa 2300 Grains schwer. Zu einigen besonderen Versuchen wurde ein Torsionsbalken angefertigt, dessen Gewicht fast zehn Mal so groß war. Er bestand aus einem soliden Messingstabe, und wurde zuweilen gebraucht, ohne daß Kugeln an seinem Ende befestigt waren.

Der Torsionsbalken und die Aufhängefäden wurden beschirmt durch einen Mahagoni-Kasten, von ähnlicher Construction wie der von Cavendish gebrauchte, allein getragen von der Decke in einer sehr festen Weise, und ohne Verbindung mit dem Fußboden oder irgend einem anderen Theil des umgebenden Apparats. Jede Vorsicht war getroffen, um den Torsionsbalken vor dem Einfluß einer plötzlichen oder partiellen Temperatur-Änderung zu schützen, und eben so, um die Unveränderlichkeit und Festigkeit des ihn tragenden Gestells zu sichern. Des Verf. Bemerkungen hieüber sind erwähnenswerth. Er sagt: »Um mich zur Zeit der Construction des Apparats hievon zu überzeugen, machte ich verschiedene Versuche, eine merkliche Störung in der Bewegung des Torsionsbalkens hervorzubringen, indem ich die Thüren oft und heftig zuschlug, stark auf den Fußboden sprang, auch über die Decke ging, oder in ähnlicher Weise verfuhr; allein in keinem Fall konnte ich die geringste Wirkung auf die Seitenbewegung des Balkens bemerken. Denselben Versuch habe ich, seitdem der Apparat vollendet ist, oft in Gegenwart anderer Personen wiederholt; auch habe ich nicht bloß zufällig, sondern auch absichtlich, bei den heftigsten Stürmen, die ich je erlebt, wenn der Wind so tobte und in solchen Stößen bliefs,

dafs das Haus bis in seinen Grundmauern bebte, regelmäßige Versuche über die Dichtigkeit der Erde angestellt. Allein niemals habe ich in den Seitenbewegungen des Torsionsbalkens die geringste Störung, noch in den Resultaten des Versuchs die geringste Abweichung wahrgenommen. Ich halte es für passend diese Bemerkungen zu machen, weil einige Personen anfangs die Meinung aussprachen, dafs der von mir gewählte Ort nicht ganz zweckmäfsig sey für Versuche von so feiner Art. Allein eine augenblickliche Betrachtung wird jede mit dem Gegenstand vertraute Person überzeugen, dafs keine *hüpfende* (*dancing*) Bewegung des Aufhängefadens (selbst wenn sie da wäre) dem Torsionsbalken eine unregelmäßige *Seiten-* oder *Winkel-Bewegung* mittheilen würde; und gegen diese anomale Bewegung allein hat man sich zu schützen.«

»Es ist noch ein anderer merkwürdiger Umstand mit diesem Gegenstand verknüpft, dessen Erwähnung ich hier gleichfalls für erforderlich halte. Wenn der Torsionsbalken in Ruhe war, habe ich oft den Torsionskasten erschüttert, indem ich die Enden rasch rück- und vorwärts führte, von Seite zu Seite, wohl funfzig Mal und darüber; allein ich konnte niemals finden, dafs diese Erschütterung des Kastens dem Torsionsbalken die geringste Bewegung einprägte; er blieb unverrückt in seiner Lage. Zu verschiedenen Zeiten wohnten wissenschaftliche Personen diesem Versuche bei. Trotz dieser Unbeweglichkeit des Torsionsbalkens setzte er sich doch sogleich in Bewegung: änderte seinen Ruhepunkt rasch, so wie man an der *Seite* des Torsionskastens die geringste Temperatur-Änderung anbrachte, oder auf beide Seiten nahe den Kugeln ein wenig Weingeist spritzte.«

Ungeachtet dieser günstigen Umstände stiefs der Verf. anfangs auf gewisse, schwer zu entfernende Unregelmäßigkeiten und Abweichungen, welche auch Cavendish und Reich erfahren zu haben scheinen, und vermuth-

lich durch Temperatur-Veränderungen in dem Zimmer der Versuche veranlaßt wurden. Cavendish wählte ein Hinterhaus in seinem Garten in der Gemeinde Clapham; er hatte seinen Apparat *in* dem Gebäude aufgestellt, und bewegte die Massen mittelst Schnüre, die durch ein Loch in der Mauer gingen, während er die Torsionswage von *aufserhalb* mittelst eines im Vorzimmer aufgestellten Fernrohrs beobachtete. Im Allgemeinen war daher die Temperatur im Innern wahrscheinlich gleichförmig während der Zeit, da er mit einer Reihe von Versuchen beschäftigt war. Allein es ist kaum zu erwarten, daß ein Gebäude dieser Art und in solcher Lage eine und dieselbe Temperatur vier und zwanzig Stunden lang gleichförmig bewahrt habe, besonders in der Jahreszeit, die er zu seinen Versuchen wählte. Reich befolgte einen ähnlichen Plan, doch unter anscheinend günstigeren Umständen. Er wählte einen dunklen Keller, wo die Temperatur nicht so leicht eine Störung erlitt, und, nachdem er die Thür verschlossen hatte, beobachtete er, wie Cavendish die Bewegungen der Torsionswage von außen. Allein selbst in einer Räumlichkeit dieser Art dürfen wir keine volle Gleichförmigkeit der Temperatur auf lange Zeit erwarten. Keiner dieser Physiker hat hierüber eine Auskunft gegeben; beide haben vielmehr Anomalien angetroffen, die sie nicht vollständig erklären konnten; und obwohl Cavendish die Ursache einiger dieser Anomalien zu errathen schien, so hat er doch bei keinem seiner folgenden Versuche ein Hülfsmittel zur Abstellung derselben angewandt.

Hr. Bailly bemerkt, daß seine ersten Versuche leidlich regelmäfsig waren, obwohl die Resultate im Allgemeinen gröfser ausfielen als die von Cavendish oder Reich erhaltenen. Allein bald beobachtete er Widersprüche, welche ihn überzeugten, daß eine störende Kraft in Thätigkeit war, an die er nicht gedacht hatte und die er nicht zu entdecken vermochte. Einer der auffallendsten

Beweise von solcher Anomalie war der merkwürdige Umstand, daß, während eines und desselben Versuchs, der Schwingungsbogen selten so regelmäfsig abnahm als er es thun sollte, ja, allen bekannten Gesetzen für diese Umstände zuwider, häufig *zunahm*. Ungeachtet dieser Unterbrechungen hielt er es nicht nur für zweckmäfsig, die Versuche eine Zeit lang in der gewöhnlichen Weise fortzusetzen, in der Hoffnung, daß sie zuletzt einiges Licht auf die wahrscheinliche Ursache der Anomalien werfen und eine Correction für die Wirkung ihres Einflusses an die Hand geben würden; sondern er wurde auch veranlaßt, so wie Umstände und Gedanken sich dazu darboten, einige neue Reihen von Versuchen anzustellen, eigends um den Gegenstand aufzuklären. Die Theorien der Elektrizität, des Magnetismus, der Temperatur und der Luftströme, der Einfluß verschiedener Aufhängeweisen an einfachen und doppelten Drähten und an doppelten Seidenfäden, Kugeln von verschiedener Substanz und Gröfse wurden folgwiese und häufig zu Hülfe gezogen, und verschiedene Versuche gemacht, um den wahrscheinlichen Einfluß auf die Resultate zu entdecken. Auch die Anstellungsweise der Versuche wurde verschiedentlich abgeändert, um Aufschluß über den fraglichen Punkt zu erhalten. Einige wurden nach dem Verfahren von Cavendish, andere nach dem von Reich angestellt (denn die Methoden beider Physiker waren sehr verschieden von einander), sehr viele aber nach einem von beiden ganz abweichenden Verfahren. Zuweilen wurden erhitzte Kugeln und starke Lampen neben der Torsionswage angebracht, um die Temperatur künstlich zu erhöhen; andererseits wurden zu ähnlichem Behufe Eismassen angewandt. Auch die Art, die Massen in Bewegung zu setzen, wurde häufig abgeändert, in der Hoffnung dadurch den Schlüssel zum Räthsel aufzufinden. Allein der Verfasser hält es für nutzlos in das Detail dieser fruchtlosen Versuche einzugehen, die ohne Unterbrechung achtzehn Monate lang



fortgesetzt und, fast bis zur Zahl von 1300 angehäuft wurden. Viele derselben waren bloß speculativer Natur, um die Ursache der erwähnten Anomalien zu entdecken; allein wenigstens tausend derselben wurden besonders zu dem Zweck, die Dichtigkeit der Erde zu bestimmen, angestellt und wirklich reducirt. Allein die Resultate, obwohl in vielen Fällen übereinstimmend, waren doch im Ganzen so widersprechend und ungenügend, daß auf das allgemeine Resultat kein Zutrauen gesetzt werden konnte. Und da er nicht beabsichtigte, bloß die günstig scheinenden Versuche auszuwählen oder irgend eine besondere Theorie zu unterstützen, so verwarf er endlich das Ganze.

Während dieser Untersuchungen wurde der Verf. häufig von verschiedenen wissenschaftlichen Personen besucht, die ein lebhaftes Interesse an dem Gegenstande seiner Beschäftigung nahmen, und ihm bei mehreren Gelegenheiten gütig ihre Meinungen und Rathschläge mittheilten. Vorzugsweise fühlt er sich dem Prof. Forbes zu Edinburgh verpflichtet, für die genügendste Entfernung der hauptsächlichsten Anomalien, die er angetroffen hatte. Die Vertrautschaft dieses Physikers mit der Theorie und den Wirkungen der Wärme führte ihn darauf, übereinzustimmen mit Cavendish, daß in der *Wärmestrahlung* aus den Massen, wenn diese neben die Torsionswaage gebracht sind, wenigstens eine der Fehlerquellen liege, und daß diese, ungeachtet der Wände des Kastens und der schon getroffenen Vorsichtsmaßregeln, noch wirksam sey. Um den Effect der Wärmestrahlung, aus welcher Quelle sie auch entspringen mochte, zu entfernen, schlug er vor, die Massen zu vergolden und auch den Torsionskasten mit einer *vergoldeten* Hülle zu versehen. Diesem Rathschlag gemäß, ließ Hr. Baily nicht nur eine vergoldete Hülle in der hier vorgeschlagenen Weise machen, sondern auch den Torsionskasten überall mit dickem Flanell bekleiden. Nachdem diese

und andere Verbesserungen angebracht waren, beschloß der Verf. eine *neue Reihe* von Versuchen zur genauen Bestimmung der Dichtigkeit der Erde zu unternehmen, und bald überzeugten ihn die Resultate, daß das geeignetste Mittel zur Entfernung der hauptsächlichsten Fehlerquelle getroffen worden war; denn wiewohl in einigen Fällen noch leichte Abweichungen auftraten, wie es bei einer Untersuchung von so feiner Art nicht anders zu erwarten war, so schienen doch die größeren Abweichungen mehr auf Eine Klasse von Versuchen beschränkt, und hauptsächlich von der Natur und Einrichtung des Aufhängefadens und der Torsionswage abzuhängen, und nicht merklich auf das allgemeine Resultat des Ganzen einzuwirken. In der That giebt Hr. Baily an, daß ihm seitdem sehr wenig von den regelrecht gemachten Versuchen vorgekommen, die tadelhaft oder verwerflich gewesen wären. Es wurde daher jeder, bei dieser neuen Anordnung des Apparats gemachte Versuch, mochte er gut, schlecht oder mittelmäßig seyn, aufgezeichnet und aufbewahrt. Sie alle sind ohne irgend einen Rückhalt gegeben, so daß der Leser nach Belieben verwerfen oder beibehalten kann, was ihm dazu geeignet scheint.

Nach diesen einleitenden Bemerkungen beschreibt der Verf. die verschiedenen Arten des von ihm befolgten regelmässigen Beobachtungssystems. In Bezug auf die Torsionswage giebt er an, daß sie niemals in voller Ruhe ist, sondern beständig um ihren Mittelpunkt oscillirt. Wenn er folglich das Ende derselben von weitem mit einem Fernrohr betrachtet, so scheint sie um einen mittleren Punkt zu schwanken, den er den *Ruhepunkt* nennt, denn selbst wenn sie anscheinend in vollständiger Ruhe ist, sind mit dem Fernrohr immer kleine Schwingungen sichtbar; und die Zeiten zur Durchlaufung solcher unendlich kleinen Bogen entsprechen in den meisten Fällen sehr nahe dem Mittel der Schwingungszeit, die bei voller Thätigkeit der Drehwage stattfindet. Hr. Baily

bemerkt jedoch, daß dieser Ruhepunkt keineswegs stillsteht, selten lange in einer und derselben Lage bleibt, selbst wenn nicht durch Annäherung einer Masse auf die Torsionswage eingewirkt wird. Die Gröfse und Richtung dieser Störungen, so wie der Betrag der sonach gestörten Bewegungen, sind sehr veränderlich, und scheinen von Ursachen abzuhängen, die noch nicht hinlänglich erklärt sind, die aber innerhalb gewisser Gränzen entweder von geringen Temperatur-Veränderungen, oder von einer versteckten Abänderung der Bestandtheile des Aufhängefadens herrühren mögen. Diese Schwingungsbewegungen des Ruhepunkts (welche von den regelmäßigen Schwingungen des Torsionsbalkens bei Annäherung der Massen sorgfältig unterschieden werden müssen) wirken auf das mittlere Resultat einer Versuchsreihe nicht bedeutend ein, besonders wenn ihr Gang regelmäßig ist. Nur wenn eine plötzliche und bedeutende Verrückung stattfindet, tritt ein beträchtlicher Fehler ein; doch geschieht dieß selten, wenn die gehörigen Vorsichtsmafsregeln zur Beschützung des Torsionskastens genommen worden sind. Indefs ist der Verfasser der Meinung, daß zuweilen Störungen auftreten, die nicht ganz einer Temperatur-Veränderung zugeschrieben werden können, sondern andere versteckte und bis jetzt noch nicht ermittelte Ursachen haben müssen. Den regelmäßigen Gang des Ruhepunkts der Torsionswage zu beachten ist am wichtigsten, da jede bedeutende Abweichung davon die Quelle grofser Nichtübereinstimmung ist.

Nächst dem kommt die Torsionskraft in Betracht. Mit Recht bemerkt Hr. B., daß die Torsionskraft eines Fadens die Elasticitätskraft sey, mittelst welcher er in die ursprüngliche Lage zurückzukehren sucht, wenn er durch eine äufseren Kraft daraus abgelenkt worden. Sie variiert mit der Substanz, Gröfse und Länge des Drahts, wird aber im Allgemeinen für einen selben Draht als constant betrachtet, was für ein Gewicht auch daran gehängt sey.

Diefs gilt jedoch nur innerhalb gewisser Gränzen, da die Schwingungszeit (welches ein Element der Torsionskraft ist) häufig sehr bedeutend verschieden ist, ohne irgend eine sichtbare Aenderung in den Bestandtheilen des Apparats. Denn der Verf. giebt an, dafs im Laufe *Einer Stunde* oft sehr bedeutende Veränderungen in der Schwingungszeit stattfinden, die zeigen, dafs die Torsionskraft eine merkliche Aenderung erlitten hat. Allein diese Aenderung der Torsionskraft scheint die Resultate der Versuche nicht zu ändern; denn man findet, dafs, wenn die Zeit zunimmt, die Ablenkung ebenfalls im richtigen Verhältnifs wächst. Die Gröfse der Torsionskraft ist demnach kein nothwendiger Gegenstand der Untersuchung bei dieser Arbeit.

Die einzigen beiden Gegenstände, welche eine sorgfältige Beachtung verdienen, wenn man Resultate aus den Versuchen ziehen will, sind: die Bestimmung des *Ruhepunkts* der Torsionswage und die *Zeit* ihrer Schwingung. Glücklicherweise können nun diese beiden Elemente, wie anomal sie auch seyen, allémal mit der gröfsten Leichtigkeit und Genauigkeit beobachtet werden, und sie führen niemals im mindesten Zweifel oder Schwierigkeit mit sich. Es giebt jedoch noch einen anderen Punkt, der bei jeden Versuch sorgfältig ermittelt werden mufs; das ist nämlich der Abstand des Centrums der Massen von dem Centrum der Kugeln. Diefs geschah mittelst Senkbleie, die sich gegen die Massen endigten, und deren gegenseitige Abstände bei jedem Versuch mittelst eines sorgfältig ajustirten mikroskopischen Apparats gemessen wurden.

Aus den Resultaten verschiedener von dem Verf. gemachter Versuche geht hervor, dafs *einfache* Drähte von verschiedenen Durchmessern geringe Unterschiede liefern. Dagegen ergeben sich, wie er sagt, die widersprechendsten Resultate, wenn die *doppelten* Aufhängefäden von Seide sind. Diese Anomalien entspringen, nach ihm,

ihm, daraus, daß nicht *alle* Fasern, aus denen die Strähne besteht, bei successivem Anheften der verschiedenen Kugeln an die Torsionswage *gleichmäfsig* ausgestreckt werden, somit auf diese ungleiche Kräfte wirken, die folglich eine Abweichung in den Resultaten hervorbringen. Diese Abweichungen scheinen jedoch im Allgemeinen innerhalb gewisser Gränzen eingeschlossen.

Der Verfasser giebt nun einen ausführlichen Bericht von den von ihm mit dem verbesserten Apparat gemachten Versuchen, deren Anzahl sich im Ganzen auf 2153 beläuft, und die in verschiedener Weise ausgeführt wurden, um einiges Licht zu werfen auf die kleinen Unregelmäßigkeiten, die trotz seiner Sorgfalt und Vorsicht, zuweilen bei denselben eintraten. Es würde unmöglich seyn, in einem Abrifs wie diesen, die verschiedenen Verfahrenswesen in allen Einzelheiten mitzuthemen; sie müssen bis zur Erscheinung des Werkes selbst unerklärt bleiben. Allein die folgende Tafel wird den Leser in den Stand setzen, die mit verschiedenen Kugeln bei verschiedenen Aufhängweisen erhaltenen Resultate zu beurtheilen. Die angewandten sieben Kugeln sind in der ersten Spalte aufgeführt, geordnet nach ihrem Gewicht. Die drei folgenden Spalten enthalten die Anzahl der mit denselben gemachten Versuche, nebst der daraus hervorgehenden mittleren Dichtigkeit, geordnet nach der Aufhängweise an doppelten Seidenfäden, doppelten oder einfachen Kupferdraht. Die drei unterhalb der Tafel angegebenen Reihen, welche 149 Versuche enthalten, werden sogleich erklärt werden.

Substanz u. Durchmesser der Kugeln.	Doppelter Seidenfaden.		Doppelter Draht.		Einfacher Draht.	
	Zahl d. Vers.	Dichte.	Zahl d. Vers.	Dichte.	Zahl d. Vers.	Dichte.
Blei $2\frac{1}{2}$ " . . . . .	148	5,60	130	5,62	57	5,58
Blei 2" . . . . .	218	5,65	145	5,66	162	5,59
Platin $1\frac{1}{4}$ " . . . . .	89	5,66			86	5,56
Messing $2\frac{1}{2}$ " . . . . .	46	5,72			92	5,60
Zink 2" . . . . .	162	5,73	20	5,68	40	5,61
Glas 2" . . . . .	158	5,78	170	5,71		
Elfenbein 2" . . . . .	99	5,82	162	5,70	20	5,79
Bleikugel $2\frac{1}{2}$ ", mit Messingstab			44	5,62		
dito dito dito 2" dito dito			49	5,68		
Messingstab allein			56	5,97		

Bei solcher Anzahl von Versuchen, angestellt auf so verschiedene Weise und mit so verschiedenem Material, kann nicht erwartet werden, daß das mittlere Resultat der verschiedenen Klassen von gleichem Gewichte sey. Auch hat der Verf. selbst bei einer Erörterung dieses Gegenstandes deutlich gezeigt, daß einige derselben mehr Zutrauen verdienen als andere, und überdiß einige wenige wohl verwerflich seyn könnten. Eine Auseinandersetzung hierüber würde indess hier nicht am Orte seyn; es mag die Angabe genügen, daß wenn man jedem Versuche gleiches Gewicht beilegt, das mittlere Resultat der ganzen 2004 Versuche = 5,67 ist. Es ist nicht sehr wahrscheinlich, daß das Ergebniss dieser ungeheuren Anzahl von Versuchen wesentlich geändert werde, wenn diejenigen wenigen Versuche, die eine Fehlerquelle mit sich führen könnten, ganz ausgelassen würden.

Der Verf. bemerkt, es könne nicht entgehen, daß das allgemeine Mittel-Resultat dieser Versuche viel (um  $\frac{1}{15}$ ) größer ist, als das von Cavendish oder Reich gefundene, die beide genau zu derselben Zahl, nämlich 5,44, gelangt sind. Er giebt indess keine wahrscheinliche Ursache dieser Abweichung an. Aus den gegebenen Detail seiner eigenen Versuche ist indess einleuchtend,

dafs wahrnehmbare Unterschiede nicht nur aus der Aufhängweise der Torsionswage, sondern auch aus dem Material der Aufhängefäden entspringen können. Es ist indeß einigermassen sonderbar, dafs keins der mittleren Resultate in irgend einer Klasse so gering ist als das von den eben genannten Physikern erhaltene.

In diesen Bemerkungen geschah der mit dem messingenen Torsionsbalken gemachten 149 Versuche keiner Erwähnung. Diese Versuche wurden eigends unternommen, um den Einfluß einer solchen Einrichtung auf das allgemeine Resultat zu ermitteln. Dieser Torsionsbalken hatte beinahe dasselbe Gewicht wie die beiden zweizölligen Bleikugeln, und ungefähr das halbe Gewicht der beiden  $2\frac{1}{2}$  zölligen Bleikugeln. Die Versuche wurden gemacht nicht nur mit successiver Anheftung dieser Kugeln an den Balken, sondern auch mit dem Balken allein. Die Resultate zeigen, dafs die Anziehung der Massen auf den Balken um etwa  $\frac{1}{20}$  verringert werden mußte, um diese drei Resultate nicht nur mit einander, sondern auch mit den Versuchen, wo dieselben Kugeln auf dieselbe Weise an dem leichteren hölzernen Torsionsbalken befestigt waren, in Uebereinstimmung zu bringen.

---

## XI. *Zerlegung einiger siebenbürger Tellur-Erze;* *von Wilhelm Petz in Pesth.*

---

Die Tellur-Verbindungen nehmen, in Bezug auf das Interesse das sie bieten, unter den in Ungarn vorkommenden Mineralien eine der ersten Stellen ein; trotz dem sind die Eigenschaften mehrerer derselben so wenig untersucht und die über selbe vorhandenen Angaben so unvollständig, dafs man sie als beinahe unbekannt annehmen muß. Dieß hat seinen Grund wohl darin, dafs

sie zum Theil an sich selten sind, zum Theil aber selten in Stücken vorkommen, welche für genauere Untersuchungen geeignet sind. Da nun der Zufall mich in Besitz solcher Stücke gesetzt hat, habe ich durch die Untersuchungen, deren Ergebnisse ich hier mittheile, nach Kräften und Umständen, zur näheren Kenntniß dieser Verbindungen beizutragen gesucht.

Die von mir genauer untersuchten sind: Tellur-Silber von Siebenbürgen, Schrift-Erz, Weifstellur und gediegen Tellur; über Blättertellur und natürlich vorkommende tellurige Säure ist mir nicht möglich mehr als einige Notizen mitzutheilen.

Von naturhistorischen Eigenschaften ist nur das specifische Gewicht genauer untersucht worden. Die zu den Analysen verwendeten Stücke waren dieselben, welche zu den Bestimmungen der spec. Gewichte dienten. Da sie nun alle bei der Analyse einen Rückstand von Quarz gaben, sind die hier angegebenen spec. Gewichte nicht die unmittelbar durch Wägungen gefundenen, sondern die ohne Zweifel der Wahrheit näheren nach Abzug des Quarzes durch Rechnung erhaltenen.

Die Härte liefs sich theils schwer beobachten, war theils mit früheren Angaben übereinstimmend, daher über selbe nur dort etwas gesagt wurde, wo es nicht ohne Interesse war, ihrer zu erwähnen.

Von den Krystallformen war an den mir zu Gebot stehenden Stücken so wenig zu beobachten, dafs daraus weder für, noch gegen frühere Angaben etwas zu schliessen möglich war; daher sie beinahe ganz vernachlässigt wurden.

Das bei den Analysen befolgte Verfahren war folgendes: das Mineral wurde mit Salpetersäure bis zur vollkommenen Oxydation behandelt, was ein lange fortgesetztes Kochen mit starker Säure erforderte, wenn es vollkommen geschehen sollte. Das unaufgelöst gebliebene, von der Flüssigkeit gesondert, wurde in Königswasser



aufgelöst, das Gold durch schwefelsaures Eisenoxydul niedergeschlagen, und so wie auch der etwa vorhandene Rückstand von Quarz geglüht und gewogen. Aus der bei der ersten Auflösung erhaltenen Flüssigkeit das Silber durch Salzsäure niedergeschlagen, durch kochendes Wasser vom etwa mitgefallenen Chlorblei geschieden, sämtliche Flüssigkeit mit überschüssigem Schwefelhydrogenammon versetzt, der Niederschlag durch Salpetersäure oxydirt, das Blei als schwefelsaures Blei bestimmt, die schwefelammonhaltige Flüssigkeit mit Essigsäure versetzt, die niedergefallenen Schwefelmetalle durch Salpetersäure oxydirt, mit Salzsäure versetzt, bis zur vollständigen Entfernung der Salpetersäure abgedampft. Das Tellur durch schwefligsaures Ammoniak niedergeschlagen, die vom Tellur abfiltrirte Flüssigkeit aufs Neue mit Schwefelammoniak übersättigt, der etwa erscheinende Niederschlag abgesondert, das Schwefelantimon durch Essigsäure gefällt und in selbem, nachdem es durch Salpetersäure oxydirt worden, das Antimon nach Abzug des Schwefels durch den Verlust gefunden.

Außer Gold, Silber, Blei, Tellur fanden sich Kupfer und Eisen, aber ihre Menge war so gering, daß nur in einem Fall das Kupfer gewogen werden konnte. Eben so waren nur bei einigen Stücken geringe Spuren von Schwefel zu entdecken.

Die hier angegebenen Mengen des Tellurs wurden durch Abzug der übrigen Bestandtheile vom Gesamtgewicht der zur Analyse verwendeten gefunden. Es ist dieß geschehen, weil sich bei allen Analysen ein Ueberschuß gezeigt, welcher wohl daher kommen mag, daß während des Trocknens ein Theil des Tellurs Sauerstoff aus der Luft aufnimmt. Durch diesen immer wiederkehrenden Fehler aufmerksam gemacht, wurde eine gewogene Quantität reinen Tellurs aufgelöst und mit schwefligsaurem Ammoniak niedergeschlagen, auch da erschien der Ueberschuß wieder und zeigte die Ursache des Uebels.

Die Scheidung des Antimon vom Tellur durch schweflige Säure gelingt recht gut, nur muß sie in verdünnter Auflösung mit bedeutendem Ueberschuß von schwefligsaurem Ammoniak vorgenommen werden. Erwärmung ist dabei nicht nothwendig, im Gegentheil nachtheilig: die schweflige Säure verdampft schneller, man muß mehr vom Fällungsmittel zusetzen, und kommt in Gefahr, wenn nicht sehr viel freie Salzsäure da ist, etwas Antimon mit zu fällen. Die letzten Antheile von Tellur scheiden sich übrigens auch da nur nach längerem Stehen bei gewöhnlicher Temperatur aus. Am besten ist es, das schwefligsaure Ammoniak der kalten Flüssigkeit zuzusetzen und sie ungefähr 24 Stunden stehen zu lassen. Man muß aber Acht haben, ob der Geruch nach schwefliger Säure nach dieser Zeit nicht verschwunden ist, wie es bei Rückhalten von Salpetersäure manchmal geschieht, ist dieß der Fall, so muß man aufs Neue vom Fällungsmittel zusetzen, und auf keinen Fall früher filtriren, als bis der Geruch nach der gegebenen Zeit geblieben ist.

#### Tellursilber.

Die mir vorgekommenen Stücke dieses Minerals waren mir unter den Namen Tellurgold, Weifstellur und Fahlerz von Nagyag in Siebenbürgen zugekommen. Da nun eine Verbindung ersterer Art, meines Wissens, weder dem Namen noch der Sache nach, bekannt ist, und das Mineral mit den beiden anderen wenig Aehnlichkeit zeigte, schien es mir einer genaueren Untersuchung würdig.

Den äußeren Kennzeichen nach zeigten sich zwei verschiedene Varietäten. Die eine war in Bezug auf Absonderungsverhältnisse, Glanz, Farbe, Geschmeidigkeit und Härte, ganz der sibirischen ähnlich. Der Bruch der andern ist flachmuschlig in den ebenen übergehend, der Glanz stärker, die Farbe etwas dunkler, die Geschmeidigkeit geringer, manchmal fast ganz verschwunden; doch

war selbst dann noch bei Versuchen mit dem Messer ein gewisser Zusammenhang zu bemerken, welchen ganz spröde Mineralien von gleicher Härte nicht zeigen. Ob die Härte bei beiden Varietäten gleich sey, war der verschiedenen Geschmeidigkeit wegen schwer zu bestimmen, doch schien letztere Varietät etwas härter zu seyn.

Von Krystallgestalt war nichts von einiger Deutlichkeit zu bemerken, und selbst Spuren sind mir nur an zwei Stücken vorgekommen. An dem einen war es ein einfacher Krystall von scheinbar hemiprismatischem Habitus, und der andere schien ein Zwilling zu seyn, an dem aber nur Prismen mit gebogenen Flächen, starker Streifung und ohne Endflächen sichtbar waren. Beide waren geschmeidig.

Von der ersten Varietät gab. zwei Wägungen ein spec. Gew. von 8,31 8,45  
 - - zweiten - - - - - 8,72 8,83

Die Analyse gab für:

	a) erste Varietät	b) zweite Varietät
Silber	61,55	46,76
Gold	0,69	18,26
Tellur	37,76	34,98.

Beide mit Spuren von Eisen, Blei und Schwefel.

Die Bestandtheile der ersten Varietät und ihre Verhältnisse stimmen mit denen des sibirischen Tellursilbers recht gut bis auf den Goldgehalt, und sie dürfte daher für Ag Te mit etwas Tellurgold anzusehen seyn.

Die zweite Varietät giebt nahezu Ag Te, gemengt mit Au Te. Berechnet brauchen

$$\begin{array}{rcl}
 46,76 \text{ Ag zu Ag Te} & 27,73 \text{ Th. Tellur} & \\
 18,26 \text{ Au zu Te} & 5,88 & - \\
 \hline
 & 33,61. & 
 \end{array}$$

Das Verhältniß zwischen Ag Te und Au Te nähert sich keinem bestimmten; auch spricht das übrige Verhalten der beiden Varietäten gegen einander nicht für eine Tren-

nung in zwei Species, welches, falls man Ag Te und Au Te in bestimmten Verhältnissen verbunden annehmen wollte, nothwendig geschehen müßte. In Bezug auf die äußeren Kennzeichen, und vorzüglich auf Geschmeidigkeit finden sich zwischen beiden Varietäten so viele Zwischenstufen, daß an einem Uebergang aus einer in die andere nicht zu zweifeln, und mit Recht zu erwarten ist, daß wenn mehrere dieser Zwischenstufen untersucht seyn werden, der Gehalt an Gold sich so verschieden zeigen wird, daß auch die spröde Varietät für Tellursilber mit einer größeren Menge eingemengten Tellurgoldes wird angesehen werden können.

Das Verhalten vor dem Löthrohre ist bei beiden dem des sibirischen Tellursilbers gleich; der größere Goldgehalt ist auf diesem Wege nicht wahrzunehmen.

Alle mir vorgekommene Stücke waren von Nagyag in Siebenbürgen. Sie finden sich da unter verschiedenen Verhältnissen: als kleine derbe Parthien und fein eingesprengt in grauen Quarz, als sehr schmale Gangausfüllungen zwischen kleinen Quarzkrystallen in verwittertem Grünsteinporphyr, mit Blättererz und Rothmangan in Quarz, mit Weifstellur, mit Gold unter denselben Verhältnissen, doch immer sehr selten, unter den Tellurerzen von Siebenbürgen eines der am sparsamsten vorkommenden oder vorgekommenen, denn es waren lauter Stücke älteren Vorkommens, an denen es beobachtet worden.

#### Schrifterz.

Dies im Ganzen nicht seltene Mineral findet sich meist in so dünnen Ueberzügen, daß es bisher noch nicht gelungen ist, eine zu einer ausführlichen Analyse hinlängliche Quantität zusammenzubringen, welchem Umstande wohl die Unvollständigkeit und Unzuverlässigkeit der darüber bekannten Angaben zuzuschreiben ist. Auch mir sind bis jetzt, wenigstens an zu genauerer Untersu-

chung zugänglichen Stücken, keine Krystalle vorgekommen, welche zuverlässige Beobachtungen in Bezug auf Gestalt gestattet hätten; es waren immer nur undeutliche, an den Kanten abgerundete Krystalle mit gebogenen Flächen, welche übrigens dem Ansehen nach der von Mohs gegebenen Zeichnung ähnlich waren.

Das bisher für dasselbe angenommene spec. Gewicht ist, wie schon aus dessen Zusammensetzung zu vermuthen, viel zu gering. Von den zwei analysirten Varietäten war nur eine zum Wägen geeignet, weswegen ich auch nur eine Wägung habe anstellen können; diese gab für die Varietät *b*) 8,28.

Es enthält *a*) in dünnen flachen Nadeln scheinbar unter Winkeln von  $60^{\circ}$  und  $120^{\circ}$  verwachsen.

*b*) in dicken Nadeln mit undeutlichen Krystallen besetzt:

	<i>a</i> ) Beob.	Berechn.	Diff.
Gold	26,97	26,32	0,65
Silber	11,47	11,47	
Blei	0,25	0,25	
Antimon	0,58		0,58
Kupfer	0,76	0,76	
Tellur	59,97	59,43	9,54

	<i>b</i> ) Beob.	Berechn.	Diff.
Gold	26,47	26,77	0,40
Silber	11,31	11,31	
Blei	2,75	2,75	
Antimon	0,66	0,06	0,60
Tellur	58,81	58,81	

#### Weißstellur.

Die Verschiedenheit der an verschiedenen Stücken zu beobachtenden äußeren Kennzeichen und Eigenschaften stellen seiner richtigen Bestimmung bedeutende Schwierigkeiten entgegen.

rigkeiten entgegen, welche sich indessen, bei genauer Betrachtung und Untersuchung einer hinlänglichen Anzahl wohl beschaffener Stücke, ziemlich befriedigend lösen.

Dicke, undeutlich eingewachsene und flache tafelförmige Prismen sind alles, was von Krystallen mir zu Gesicht gekommen ist. Die eingewachsenen Prismen sind manchmal unter Winkeln von  $60^\circ$  und  $120^\circ$  verwachsen.

In Bezug auf Theilbarkeit zeigen sich große Verschiedenheiten. Manchmal ist sie sehr deutlich, an anderen Stücken wieder vollkommen verschwunden, in unebenem Bruch aufgelöst, so daß man bei einiger Farbenverschiedenheit es mit verschiedenen Körpern zu thun zu haben glaubt. Indessen finden sich auch Stücke an welchen bei ununterbrochenem Zusammenhang das vollkommene Verschwinden der Theilbarkeit, durch stufenweises Abnehmen derselben, sehr deutlich beobachtet werden kann, und welche die Identität der in dieser Hinsicht oft sehr verschiedenen Vorkommnisse sehr wahrscheinlich machen.

Genau dasselbe läßt sich in Bezug auf Farbe beobachten. Zwischen Zinnweiß, Silberweiß und licht Messinggelb finden sich alle Zwischenstufen, und geben den verschiedenen Stücken mitunter große Mannigfaltigkeit im Ansehen. Beobachtungen verschiedener Farben und von Uebergängen derselben in einander, an ein und denselben Stücken heben auch hier wieder die etwa entstehenden Zweifel an der specifischen Identität derselben.

Alle diese Verschiedenheiten und Uebergänge, sowohl an Farbe als der Theilbarkeit, finden sich beim Schrifterze wieder, und es giebt auch da, obwohl weit seltner, Stücke, an welchen alles dies an einem und demselben wahrzunehmen, und bei der Betrachtung gleichbeschaffener Stücke findet man zwischen Schrifterz und Weißstellur eine so auffallende Aehnlichkeit, daß man schon auf das bloße Ansehen hin bewogen wird, beide für ein und derselben Species angehörig zu betrachten.

Diese Vermuthung wird durch Erwägung der Uebereinstimmung im spec. Gewichte und dem chemischen Verhalten zur Evidenz.

Das spec. Gewicht geht beim Weifstellur von 7,99 bis 8,33. Analysirt wurden:

- a) Weifs, lange Krystalle in Kalkspath eingewachsen; deutlich theilbar; spec. Gewicht. 8,27
- b) Weifs, dicke Krystalle in Kalkspath und Rothmangan; deutlich theilbar; spec. Gew. 7,99
- c) Gelblich, kurze Krystalle, und eingesprengt in Rothmangan; undeutlich theilbar; spec. Gew. 8,33
- d) Lichtgelb, kleine derbe Massen in Rothmangan und Quarz, ohne Theilbarkeit.
- e) Lichtgelb, kleine derbe Massen mit etwas Quarz und Rothmangan; untheilbar.

	a) 1.	2.	3.	b) 1.	2.	3.
Gold	24,89	24,89		28,98	25,14	3,84
Silber	14,68	13,53	1,15	10,69	10,69	
Blei	2,54		2,54	3,51	2,85	0,66
Antimon	2,50	0,79	1,71	8,42	8,42	
Tellur	55,39	55,39		48,40	48,40	

	c) 1.	2.	3.	d) 1.	2.	3.
Gold	27,10	25,33	1,67	25,31	23,49	1,82
Silber	7,47	7,47		10,40	10,40	
Blei	8,16	6,08	2,13	11,21	2,27	8,94
Antimon	5,75	5,75		8,54	8,54	
Tellur	51,52	51,52		44,54	44,54	

	e) 1.	2.	3.
Gold	29,62	23,70	5,92
Silber	2,78	2,78	
Blei	13,82	9,72	4,10
Antimon	3,82	3,82	
Tellur	49,96	49,96	

Außer der ersten Varietät von Schriftez, bei welchem der gefundene Kupfergehalt angegeben ist, hat bei keinem ein wägbarer Kupfergehalt gefunden werden können; eben so waren die Spuren von Eisen und Schwefel, welche sich bei einigen zeigten, ganz gering. Letztere konnten auch von einem Rückhalt von Manganblende herrühren, welche das Weifstellur oft begleitet. Zur Entfernung des Rothmangans und Kalkspaths, mit welchen das Weifstellur meist vorkommt, wurden die möglichst sorgfältig ausgewählten Stücke mit verdünnter Salzsäure bis zur vollkommenen Entfernung beider digerirt.

Als die für die chemische Zusammensetzung des Schriftez sowohl als auch des Weifstellurs wahrscheinlichste Formel wurde angenommen  $\text{AgTe} + 2\text{AuTe}^3$ , in welcher das Silber mitunter durch Blei und Kupfer und das Tellur durch Antimon ersetzt werden. Sie paßt für alle zusammengenommen noch am besten, und giebt im Ganzen genommen ziemlich günstige Resultate.

Die bei der Angabe der Bestandtheile erscheinende zweite Zahlencolonne giebt die Menge der einzelnen derselben, welche erforderlich wäre, um aus den verschiedenen Varietäten die Verbindung nach der gegebenen Formel hervorzubringen, dann würden die, nach Abzug derselben von dem ersten übrigbleibenden, in der dritten Columne angegebenen Reste als Beimengungen, nicht in chemischer Verbindung befindlich anzusehen seyn.

Diese Meinung bleibt nicht ohne Grund. Die Erfahrung hat gelehrt, daß bei chemischen Verbindungen die äußeren Eigenschaften, insbesondere in Bezug auf Krystallisation, um so schärfer und charakteristischer erscheinen, je mehr die Verhältnisse der Bestandtheile sich denjenigen nähern, welche die Atomgewichte als zur Darstellung der bestimmten Verbindung angeben. Die Betrachtung der gegebenen Zahlen zeigt, daß die beiden Varietäten des Schriftez, die am deutlichsten krystallisirten und die am deutlichsten theilbaren dieser Species



(Schrifterz und Rothmangan zu einer gehörig angenommenen), den Bestandtheilsverhältnissen der Formel am genauesten entsprechen; je mehr die Beimengungen zunehmen desto undeutlicher werden Gestalt und Theilbarkeit, bis sie endlich ganz verloren gehen.

Den Bleigehalt habe ich nur so weit als in die Mischung eingehend angesehen, als er zur Vervollständigung der für die Formel erforderlichen Menge der positiven Metalle nöthig war, da mit seinem Zunehmen die charakteristischen Eigenschaften abnehmen, und daher das Blei der am schwierigsten in die Verbindung eingehende Bestandtheil zu seyn scheint.

Die Schrifterze waren von Offenbánya, das Weisstellur von Nagyag in Siebenbürgen, von bekannten Vorkommen und mit den bekannten Begleitern.

#### Gediegen Tellur.

Von diesem Mineral habe ich zwei Varietäten untersucht, eine in Quarz, die andere in Steinmark vorkommend.

Die erste gab Tellur mit Spuren von Gold, Eisen und Schwefel.

Die zweite Tellur 97,215, Gold 2,785 mit Spuren von Eisen und Schwefel, letztere wahrscheinlich von eingemengtem und in der Bergart enthaltenen Schwefelkies herrührend. Antimon konnte ich in keiner von beiden finden, und somit dient Gegenwärtiges nur um frühere Angaben zu bestätigen.

#### Blättertellur.

Umstände verhinderten mich eine ausführliche Analyse dieses Minerals vorzunehmen. Nur eine Wägung und einige flüchtige Versuche habe ich anstellen können, deren ich, da sie Bezug auf frühere Untersuchungen dieses Minerals haben, hier erwähnen will.

Das erhaltene spec. Gewicht war 7,22.

Die bisher bekannten Analysen zeigen bedeutende Unterschiede, welche man den angewandten Methoden zuzuschreiben geneigt war. Ich habe drei Varietäten auf ihren Gold- und Silbergehalt untersucht, und von erstem in 100,0 : 8,54 ; 7,81 und 6,48 gefunden; von Silber waren bei erstem nur Spuren, bei den andern nichts zu finden. Diefs deutet darauf hin, dafs das Mineral wohl von verschiedener Zusammensetzung vorkommt. Die Varietät mit dem geringsten Goldgehalt war deutlich krystallisirt, die beiden andern Blätter in Rothmangan eingewachsen. Letztere zeigten unter der Loupe nur auf dem Querbruche sichtbare, aber deutliche Theilchen von Weifstellur eingesprengt; diese mögen wohl die Ursache der Verschiedenheit, wenigstens im Gold- Silbergehalt, seyn.

#### Tellurige Säure.

Gediegen Tellur kommt fein eingesprengt in grauem Quarz vor. In Drusenräumen dieses Quarzes fand sich an zwei Stücken, die mir zugekommen, ein Mineral in ganz kleinen Kugeln von feinfasrigem Gefüge, gelblich-weißer, in's Grauliche gehender Farbe, welches vor dem Löthrohre, in der offenen Röhre sowohl als auf Kohle, ganz das Verhalten von telluriger Säure zeigte; da ich aber selbst die zu Löthrohrversuchen nöthige Quantität mir nur mit Mühe verschaffen konnte, war es mir nicht möglich ausführlichere Versuche damit vorzunehmen, daher ich hiemit auch nur auf die Existenz dieses Minerals aufmerksam gemacht haben will.

## XII. Ueber die Gestalt des Rutils; von W. H. Miller.

(Vom Hrn. Verf. übersandt, aus dem *Phil. Mag. Ser. III Vol. XVII*  
p. 268.)

Die folgenden Werthe der Winkel zwischen den Normalen der Flächen des Rutils wurden an zwei höchst vollkommenen Krystallen erhalten, die ich Hrn. Brooke verdanke. Als Goniometer diente ein zwölfzölliger Theodolith. Die Coincidenzen der Signale wurden mit einem Fernrohr von mehr als 12maliger Vergrößerungskraft gemessen. Jedes Resultat ist das Mittel aus zwei Beobachtungen mit vertauschten Signalen, um den aus unvollkommener Centrirung des Krystalls entspringenden Fehler zu eliminiren. Bei einem Krystall gaben die Flächen  $p''$ ,  $p'''$  (Taf. I Fig. 10) doppelte Bilder, die von  $p'''$  waren schlecht begrenzt. Die beobachteten Werthe von  $p'p'''$  waren  $65^{\circ} 33' 0'' - 30'' - 8''$ ; die von  $pp'' = 65^{\circ} 32' 22''$  oder  $65^{\circ} 34' 26''$ , je nachdem das eine oder das andere Bild mit dem direct gesehenen Signal in Coincidenz gebracht wurde. Bei dem zweiten, vollkommeneren Krystall waren die beobachteten Werthe von  $p'p''' = 65^{\circ} 34' 24'' - 36'' - 51'' - 27''$ , die von  $pp'' = 65^{\circ} 34' 27'' - 53'' - 25'' - 35''$ . Die am zweiten Krystall erhaltenen Werthe von  $p'p'''$ ,  $pp''$  stimmen sehr gut mit einander und mit dem größeren der am ersten erhaltenen beiden Werthe von  $pp''$ . Das Mittel aus diesen drei,  $65^{\circ} 34' 32''$ , wird wahrscheinlich der Wahrheit sehr nahe kommen.

Die Projectionskugel (Taf. I Fig 11) zeigt die Pole aller von Mohs, Levy und mir beobachteten Flächen. Die Symbole der einfachen Gestalten sind:

$g=(110)$	$z=(321)$	$s=(111)$	$c=(001)$
$r=(320)$	$h=(210)$	$t=(313)$	$e=(310)$
$p=(101)$	$x=(410)$	$l=(100)$	$u=(710)$

Die berechneten Winkel zwischen den Normalen der Flächen sind:

$ll'=90^{\circ} 0'$	$lr=33^{\circ} 41'$	$pp'=45^{\circ} 2'$
$lg=45 0$	$cl=90 0$	$ss'=56 52$
$lu=8 7,8$	$cp=32 47,3$	$pt=10 14$
$lx=14 2$	$cs=42 20$	$zz'=20 46$
$le=18 26$	$ct=34 10,6$	$zz''=61 14,8$
$lh=26 33,9$	$cz=66 42,3$	$pz=41 43,3$

$z$  ist der Durchschnitt der Zonenkreise  $pp''$ ,  $sp''$ ,  $cr$ ; eben so ist  $t$  der Durchschnitt der Zonenkreise  $pl'$ ,  $ce$ .

Von den oben erwähnten Krystallen ist der eine eine Combination der einfachen Gestalten mit den Flächen  $l$ ,  $g$ ,  $h$ ,  $e$ ,  $p$ ,  $s$ , der andere von denen mit den Flächen  $g$ ,  $h$ ,  $e$ ,  $u$ ,  $p$ ,  $s$ ;  $t$  wurde von Levy beobachtet (*Description d'une collection de mineraux*).

In der vom Prof. Whewell der Universität geschenkten Mineralien-Sammlung findet sich ein Krystall, welcher eine Combination der Gestalten mit den Flächen  $h$ ,  $c$ ,  $r$ ,  $p$ ,  $z$  ist, so wie andere, welche Combinationen von den Gestalten sind mit den Flächen  $x$ ,  $p$  und zuweilen  $c$ ,  $l$ ,  $g$ ,  $h$ ,  $e$ . Unter den letzteren sind mehrere Zwillingskrystalle (Taf. I Fig. 12), bei welchen die Flächen  $cp$ ,  $c_p$ , alle in einer Zone liegen, und der Winkel zwischen den Normalen von  $cc$ , etwas mehr als  $55^{\circ}$  beträgt. Wegen Unebenheit der Flächen konnte dieser Winkel nicht genau gemessen werden. Wäre die Zwillingsebene parallel einer Ebene  $\sigma$ , deren Pole der Durchschnittspunkt der Zonenkreise  $zz''$ ,  $cl$  ist, so würde das Symbol von  $\sigma$  gleich (301) werden,  $c\sigma=62^{\circ} 38',4$   $cc=54^{\circ} 43',2$ . Hienach ist wahrscheinlich die Zwillingsebene parallel einer Fläche von der Form (301). Die häufigst vorkommenden Zwillinge sind die von Haidinger beschriebenen (*Edinb. Journ. of Science, Vol. III*

p. 62). Hr. Brooke maafs die Winkel zwischen den Flächen  $ll$ , (Taf. I Fig. 13) bei einem dieser in seiner Sammlung befindlichen Zwillinge, und fand ihn vollkommen übereinstimmend mit der Voraussetzung, dafs die Zwillinge-Ebene parallel sey einer der Flächen  $p$ .

Die Werthe von  $cp$ ,  $cs$ , hergeleitet aus den beobachteten Werthen von  $pl$ ,  $sg$ , wie sie von W. Phillips in der dritten Auflage seiner Mineralogie gegeben worden, sind  $32^{\circ} 45'$  und  $42^{\circ} 20'$ . Meine Bestimmung dieser Winkel weicht nur zwei Minuten von der ersten ab, und stimmt genau mit der letzteren. Unglücklicherweise sind die Figuren, welche die Winkel  $pp''$ ,  $ss''$  ( $\alpha$  gegen  $a$  über den Scheitel  $= 90^{\circ}$ ,  $c$  gegen  $c$  über den Scheitel  $= 109^{\circ} 47'$ ) ausdrücken sollen, sehr fehlerhaft, wahrscheinlich durch einen Fehler im Abzeichnen derselben, denn die Fehler (welche in der vierten Auflage unberichtigt blieben) sind zu grofs, als dafs sie Beobachtungsfehler seyn könnten.

### XIII. Untersuchungen über Schwefelwismuth, essigsaures Uranoxyd, traubensaures Natron-Ammoniak und oxalsaure Doppelsalze.

(Aus den Monatsbericht der Academie. Juli 1842.)

In der Sitzung vom 18. Juli theilte Hr. Mitscherlich mit: die Untersuchung einer neuen Verbindung von Schwefel und Wismuth, welche von Hr. Werther dargestellt worden war, eine Reihe von Doppelsalzen, welche das essigsaure Uranoxyd mit andern essigsauren Salzen bildet, von Hrn. Wertheim, und eigene Beobachtungen über die Krystallform des traubensauren Natron-Ammoniaks und der oxalsauren Doppelsalze.

Hr. Werther hat schöne und gut ausgebildete Kry-

stalle von Schwefelwismuth, welche aus unreinem käuflichen Wismuth sich ausgesondert hatten, untersucht. Das Wismuth löst bekanntlich Schwefelwismuth in jedem Verhältnisse auf. Läßt man eine Auflösung, die etwa aus gleichen Theilen von beiden besteht, erkalten, so krystallisirt zuerst das Schwefelwismuth heraus und das metallische Wismuth kann man abgießen. Diese Krystalle enthielten außer Wismuth etwas Nickel und Kupfer, aber nur so viel Schwefel, daß die Menge desselben sich zu der, welche im Schwefelwismuth, das dem Oxyd entspricht, enthalten ist, bei gleicher Menge Wismuth wie 2 : 3 verhält. Um diese Verbindung rein zu erhalten, trug er in kochenden Schwefel reines gepülvertes Wismuth ein. Obgleich der Schwefel im Ueberschuß angewandt war, sonderte sich dennoch etwas metallisches Wismuth aus. Das gepülverte Schwefelwismuth schmolz er noch einmal mit Schwefel und steigerte die Hitze, bis die Verbindung vollständig flüssig wurde, welches über einer Spirituslampe aber nicht zu erreichen war. Die Verbindung war krystallinisch, hin und wieder hatten sich einzelne isolirte Krystalle ausgesondert, deren Form ein Prisma von ungefähr  $90^\circ$  war, die Kanten desselben waren durch Flächen ersetzt, die sich auch unter einander ungefähr unter  $90^\circ$  neigten. Ueber der Spirituslampe erhitzt, gab diese Verbindung keinen Schwefel mehr ab. Nach einer Analyse enthielt sie 86,203 Wismuth und 13,813 Schwefel, nach einer andern 86,340 Wismuth und 13,502 Schwefel. Wenn sich der Schwefel dieser Verbindung zu dem der Schwefelungsstufe, welche dem Oxyd entspricht, wie 2 : 3 verhält, so hätte die Analyse 86,865 Wismuth und 13,135 Schwefel geben müssen. Es folgt aus der Zusammensetzung dieser Schwefelungsstufe, daß die ältere Annahme von Berzelius, das Wismuthoxyd bestehe aus 2 Atomen Wismuth und 3 Atomen Sauerstoff, die richtige ist.

Das von Duflos untersuchte Doppelsalz von essig-

saurem Uranoxyd und essigsaurem Natron, und ein anderes Doppelsalz von essigsaurem Uranoxyd und essigsaurem Kali, welche schon früher dargestellt worden, veranlaßten Hrn. Wertheim zur Aufsuchung ähnlicher Verbindungen, und es gelang ihm, mit sehr vielen essigsauren Salzen ähnliche Doppelsalze zu erhalten. Diese Salze wurden bereitet, indem zuerst krystallisirtes salpetersaures Uranoxyd durch Hitze so weit zersetzt wurde, daß eine geringe Menge des Uranoxyds sich zu Uranoxydul reducirte, und darauf wurde der Rückstand in Essigsäure aufgelöst, die filtrirte Auflösung wurde mit der andern Basis versetzt, bis sich etwas Uranoxyd ausschied, und dieses wieder in Essigsäure aufgelöst. Es ist zweckmäfsig und nicht schädlich, wenn von dem andern essigsauren Salze ein kleiner Ueberschuß vorhanden ist. Am besten krystallisiren diese Doppelsalze aus einer etwas sauren Auflösung. Die meisten derselben schiefen aus einer heißen concentrirten Auflösung beim Erkalten in gut bestimmbaren Krystallen an. Die Essigsäure wurde nach der bekannten Methode mit Baryterde ermittelt, das Uranoxyd mit Ammoniak gefällt und das Uranoxyd-Ammoniak geglüht, wodurch Uranoxydoxydul erhalten wurde; die Basen wurden nach gewöhnlicher Methode bestimmt, und das Wasser durch Erwärmen des Salzes bis zu einer Temperatur, wobei die Essigsäure nicht zersetzt wurde, welches beim Natron z. B. 250° betrug. Ausserdem wurden die Salze geglüht und der Rückstand gewogen, welcher bei den fixen Basen aus der Basis, verbunden mit Uranoxyd, besteht; der Sauerstoff der Basis verhält sich zum Sauerstoff des Uranoxyds wie 1 : 6. Wasser zieht aus der Kali- und Natronverbindung, selbst durch Kochen, kein Kali und Natron aus, und wenn man das Silbersalz verbrennt, so bleibt Silberoxyd mit Uranoxyd verbunden, zurück. Aus der Zusammensetzung des essigsauren Uranoxyd-Natron, welches wasserfrei ist und ausserdem gepulvert noch bis

200° erhitzt und darauf geglüht wurde, läßt sich das Atomgewicht des Uranmetalls mit ziemlicher Sicherheit bestimmen. Nach dem Mittel von drei Versuchen beträgt es 740,512. Folgende Doppelsalze sind untersucht worden:

das Kalisalz	$\text{K } \bar{\text{A}} + 2\ddot{\text{U}}\bar{\text{A}} + 2\text{H}$
das Natronsalz	$\text{Na } \bar{\text{A}} + 2\ddot{\text{U}}\bar{\text{A}}$
das Ammoniaksalz	$\text{NH}^3 \text{H } \bar{\text{A}} + 2\ddot{\text{U}}\bar{\text{A}} + 6\text{H}$
das Magnesiasalz	$\text{Mg } \bar{\text{A}} + 2\ddot{\text{U}}\bar{\text{A}} + 8\text{H}$
das Zinksalz	$\text{Zn } \bar{\text{A}} + 2\ddot{\text{U}}\bar{\text{A}} + 3\text{H}$
das Silbersalz	$\text{Ag } \bar{\text{A}} + 2\ddot{\text{U}}\bar{\text{A}} + 2\text{H}$
das Barytsalz	$\text{Ba } \bar{\text{A}} + 2\ddot{\text{U}}\bar{\text{A}} + 2\text{H}$

Die Krystallform des Kali- und Silbersalzes ist ein Quadratocäeder mit quadratischen Prismen; die Winkel der Krystalle, die etwas von einander verschieden sind, machen es nicht unwahrscheinlich, daß Silberoxyd und Kali in diesen Salzen isomorph sind.

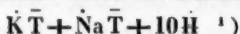
In einer früheren Abhandlung hat Hr. Mitscherlich schon angeführt, daß das weinsteinsäure Kali-Natron,  $\text{K } \bar{\text{T}} + \text{Na } \bar{\text{T}} + 8\text{H}$ , das weinsteinsäure Ammoniak-Natron,  $\text{NH}^3 \text{H } \bar{\text{T}} + \text{Na } \bar{\text{T}} + 8\text{H}$ , und das traubensäure Ammoniak-Natron,  $\text{NH}^3 \text{H } \bar{\text{U}} + \text{Na } \bar{\text{U}} + 8\text{H}$ , dieselbe Krystallform haben. Das spec. Gewicht des ersten Salzes beträgt 1,74, das des zweiten 1,58, das des dritten gleichfalls 1,58, so daß also nicht allein bei diesen beiden letzten isomeren Verbindungen die relative Lage der Atome, sondern auch die Entfernung dieselbe ist. Aus einer concentrirten Auflösung von traubensäurem Natron und traubensäurem Kali, und zwar wenn er letzteres im Ueberschuß anwandte, erhielt er gleichfalls ein Doppelsalz, welches aus gleichen Atomen beider Substanzen besteht, aber eine verschiedene Krystallform von dem entsprechenden weinsteinsäuren Salze hat. In einer früheren Abhandlung und in seinem Lehrbuche hat er schon erwähnt, daß



die sechs Doppelsalze, welche die oxalsaure Thonerde, das oxalsaure Eisenoxyd und Chromoxyd mit dem oxalsauren Kali und Ammoniak bilden, dieselbe Krystallform haben, so wie die drei, die sie mit oxalsaurem Natron bilden, unter einander isomorph sind. Läßt man eine Auflösung von oxalsaurem Chromoxyd-Kali und Chromoxyd-Natron krystallisiren, so erhält man eine Verbindung, die in Octaëdern krystallisirt. Dasselbe findet Statt, wenn man statt der Chromsalze die Eisenoxydsalze anwendet.

#### XIV. *Analyse des Seignettesalzes; vom Grafen F. Schaffgotsch.*

Die Zusammensetzung des Seignettesalzes wird in den Lehrbüchern der Chemie durch die Formel



bezeichnet, und zwar, wie es scheint, auf Grund einer Analyse, welche merkwürdigerweise auch nicht im Entferntesten dazu berechtigt. Diese Analyse, welche J. A. Schultze in Kiel vor siebenunddreißig Jahren bekannt machte <sup>2)</sup>, beruht auf folgenden Versuchen.

Es wurden 1000 Theile krystallisirtes Seignettesalz in einem eisernen Tiegel verbrannt, der geschmolzene Rückstand in Wasser gelöst und von der Kohle abfiltrirt, die Lösung mit 720 Th. einer 33,9 Proc. reine Säure haltenden Schwefelsäure neutralisirt, zur Trockne eingedampft und das Gewicht des glühend *geschmolzenen*, noch *warmen* Salzlückstandes = 520 Th. gefunden. Da die verbrauchte wäßrige Schwefelsäure 244 Th. wasser-

<sup>1)</sup>  $\bar{\text{T}} = \text{C}^4\text{H}^3\text{O}^3$ .

<sup>2)</sup> Siehe Gehlen's Neues allg. Journal der Chemie, Bd. IV S. 210.

freie Säure enthielt, so kommen auf 1000 Th. Seignettesalz 520 — 244 oder 276 Th. Kali und Natron. Aus diesen Daten berechnet der genannte Chemiker mittelst der bekanntlich ungenauen Richter'schen Neutralitätsverhältnisse die Zusammensetzung des Seignettesalzes. Werden die erwähnten Versuche aber mittelst der heut geltenden Atomgewichte berechnet, so erhält man ein von dem obigen enorm verschiedenes Resultat, welches mit der Formel  $8\bar{K}\bar{T} + \bar{Na}\bar{T} + 54\bar{H}$  übereinstimmt, wie die folgende Uebersicht zeigt, dabei  $C=75,85$  angenommen.

	Schultze's Berechnung.	Corrig. Berechnung.	Stöchiometr.	Berechnung.
Kali	143	25,40	25,33	8 At.
Natron	133	2,20	2,10	1 -
Weinsäure	413	40,33	39,99	9 -
Wasser	311	32,07	32,58	54 -
Kryst. Seignettes.	1000	100,00	100,00	1 At.

Da die Uebereinstimmung einer Analyse mit einer chemischen Formel noch kein Beweis ihrer Richtigkeit ist, so habe ich die quantitative Zerlegung des Seignettesalzes mit größtmöglicher Sorgfalt wiederholt. Es wurden dazu wasserhelle lufttrockene Krystallfragmente genommen, deren wässrige Auflösung völlig neutral reagirte, und sich von fremden Beimengungen, namentlich Schwefelsäure und Kalk, ganz frei erwies.

Die Methode der Untersuchung bestand in Einäschern des gepulverten Salzes, Bestimmung der Basen durch Boraxglas und Bestimmung des Kalis aus der salzsauren Auflösung des eingäscherten Salzes mittelst Platinchlorids. Das Natron ergab sich aus dem Verlust. Die Weinsäure wurde durch Rechnung gefunden und das Fehlende als Wasser betrachtet.

Da die Einäscherung des Seignettesalzes im verschlossenen Tiegel mit starkem Aufbrausen verbunden ist, so mußte sowohl der Deckel als auch die Wandung des

Tiegels vor dem Zusatz des Boraxglases von den daran gespritzten Tröpfchen des kohlensauren Natronkalis gereinigt und das veränderte Gewicht durch eine neue Wägung bestimmt werden <sup>1)</sup>). Das Boraxglas wurde in Pastillen von ungefähr 2 Grm. angewendet.

## Versuch I.

- a) 0,9245 Grm. kryst. Seignettes. gab. 0,400 Grm. Carbonate  
b) 0,3875 - Carbonate gaben 0,249 Kali und Natron.

## Versuch II.

- a) 1,1145 Grm. kryst. Seignettesalz gaben 0,481 Carbonate  
b) 0,468 - Carbonate gaben 0,3015 Kali und Natron.

## Versuch III.

- a) 1,330 Grm. kryst. Seignettesalz gaben 0,574 Carbonate  
b) 0,550 - Carbonate gaben 0,3535 Kali und Natron.

## Versuch IV.

1,333 Grm. Seignettesalz gaben 1,126 Chlorplatinkalium

## Versuch V.

1,3435 Grm. Seignettesalz gab. 1,173 Chlorplatinkalium.

Aus dem ersten Versuch ergeben sich durch Rechnung  $\frac{100.0,4.0,249}{0,9245.0,3875} = 27,80$  Proc. Basen, der zweite Versuch giebt 27,74, der dritte 27,80 Proc. Basen, so dafs die Summe der Alkalien im Mittel 27,78 Proc. beträgt.

Der vierte Versuch giebt 0,2177 Grm. oder 16,32 Proc., der fünfte 0,2268 Grm. oder 16,88 Proc. Kali, woraus als Mittel 16,60 Proc. Kali folgen. Der Natrongehalt ist also  $27,78 - 16,60 = 11,18$  Proc. Es erfordern aber 11,18 Th. Natron 23,69 Th. Weinsäure und 16,60 Th. Kali 23,31 Th. Weinsäure, um neutrale Salze zu bilden; somit beträgt die Weinsäure  $23,69 + 23,31$

1) Weniger bequem ist es in solchen Fällen, den Deckel mit dem feuerflüssigen Boraxglase abzuspülen.

=47,00 Proc., und der Wassergehalt des Seignettesalzes  $100 - 47 - 27,78 = 25,22$  Procent.

Die folgende Zusammenstellung zeigt, dafs in dem untersuchten Salze die Atome der Alkalien, wie zu erwarten war, in der Gleichzahl vorhanden sind und dafs der Wassergehalt 8 Atome ausmacht:

	Gefunden.	Berechnet.	
Kali	16,60	16,68	1 At.
Natron	11,18	11,05	1 -
Weinsäure	47,00	46,83	2 -
Wasser	25,22	25,44	8 -
Seignettesalz	100,00	100,00.	

Das Seignettesalz schmilzt im Wasserbade zu einer anfangs ziemlich dünnen Flüssigkeit, welche sich rasch verdickt und endlich eine harte Salzmasse hinterläßt. Da aus dieser compacten Masse, wenn sie nicht gepulvert wird, die letzten Antheile des bei  $100^{\circ}$  C. austreibbaren Wassers nur langsam entweichen, so ist es schwierig, den im Wasserbade eintretenden Gewichtsverlust einer gewogenen Menge des Seignettesalzes unmittelbar zu bestimmen. Doch geschah dieß dadurch, dafs eine kleine Quantität des Salzes in einem flachen Platinschälchen bis  $100^{\circ}$  erwärmt, und während des Erstarrens im Wasserbade mit einem tarirten meisselförmigen Platinstäbchen vorsichtig zerkleinert wurde.

#### Versuch I.

0,2255 Grm. krystallisirtes Seignettesalz verloren bei  $100^{\circ}$   
0,0425 Grm. oder 18,87 Proc. Wasser.

Hieraus ergibt sich, dafs das Seignettesalz bei  $100^{\circ}$   $\frac{3}{4}$  seines Wassers, d. h. 6 At., verliert, so dafs 2 At. zurückbleiben, deren Sauerstoff dem der Alkalien gleich ist.

Zur Bestätigung wurde in einem andern Versuch das

bei 100° getrocknete Salz durch Einäschern und Zusammenschmelzen mit Borax analysirt. (Vergl. S. 266 dieses Bandes.)

## Versuch II.

- a) 0,779 Grm. getrocknetes Salz gaben 0,413 Grm. Carbonate.  
 b) 0,3985 - Carbonate gaben 0,257 Grm. Kali und Natron.

Die Summe der Basen beträgt hienach

$$\frac{100 \cdot 0,413 \cdot 0,257}{0,779 \cdot 0,3985} = 34,2 \text{ Procent,}$$

woraus sich die Summe der wasserfreien neutralen Tartrate zu 91,95 ergibt, in Uebereinstimmung mit der Formel  $\bar{K}\bar{T} + \bar{Na}\bar{T} + 2\bar{H}$ .

	Gefunden.	Berechnet.	
Wasserfreies Doppelsalz	91,95	92,14	1 At.
Wasser	8,05	7,86	2 -
Getr. Salz	100,00	100,00	1 At.

*Nachschrift.* Dieser Aufsatz war bereits zum Druck abgegeben, als ich aus den Berichten der Berliner Academie (Julistück) <sup>1)</sup> ersah, daß das kryst. Seignettesalz von E. Mitscherlich untersucht worden ist. In sofern wäre die Bekanntmachung meiner Resultate, welche mit denen des genannten Chemikers übereinstimmen, überflüssig, wenn nicht die detaillirte Angabe meiner Versuche einen erwünschten Beleg für die von mir S. 266 dieses Bandes erwähnte analytische Methode abgäbe.

1) Siehe auch S. 484 dieses Hefts.

# XV. Einige Beobachtungen der Temperatur des mittelländischen Meeres; von W. Mahlmann.

Die geringe Zahl an Beobachtungen der Temperatur des mittelländischen Meeres, welche uns bisher bekannt geworden und welche weit hinter den Erwartungen zurückgeblieben sind, welche man auch für diesen Zweig der hydrographischen Kenntniß des so eigenthümlich gelegenen Binnenmeeres, insbesondere seit der Besitznahme Algiers durch die Franzosen, bei den zahlreichen Ueberfahrten in einem Zeitraum von zwölf Jahren hegen mochte, gab uns Veranlassung, dazu einen kleinen Beitrag zu liefern, indem wir einige Beobachtungen über die Wärme des adriatischen und tyrrhenischen Meeres anstellten, als wir im verwichenen Jahre das Glück hatten, mit Hrn. Geh. Rath. Link die Ueberfahrten von Triest nach Ve-

Beob. No.	1 8 4 1. Tag.	Stunde.	O r t.
1	Sept. 15	6 M.	45 <sup>0</sup> <sub>2</sub> N. 10 <sup>0</sup> <sub>4</sub> O. v. Paris
2	Oct. 20	5 <sup>1</sup> <sub>2</sub> A.	40 <sup>0</sup> <sub>3</sub> N. 11 <sup>0</sup> <sub>36</sub> O. zw. Ischia u. d. Küste
3	-	6 <sup>1</sup> <sub>2</sub> A.	41 <sup>0</sup> N. 11 <sup>0</sup> <sub>2</sub> O. Golf von Gaëta
4	- 21	7 M.	42 <sup>0</sup> N. 9 <sup>0</sup> <sub>2</sub> O. Gegenüb. v. Ft. Severa
5	-	2 <sup>3</sup> <sub>2</sub> A.	42 <sup>0</sup> N. 9 <sup>0</sup> <sub>2</sub> O. Im Haf. v. Civita vecchia
6	-	7 A.	42 <sup>0</sup> <sub>3</sub> N. 9 <sup>0</sup> . Bei Corneta vor Civita vecchia
7	-	8 <sup>1</sup> <sub>2</sub> A.	42 <sup>0</sup> <sub>3</sub> N. 8 <sup>0</sup> <sub>3</sub> O. Vor Promont. Argentaro
8	-	10 A.	42 <sup>0</sup> <sub>3</sub> N. 8 <sup>0</sup> <sub>3</sub> O. Zw. J. Giglio u. Argentaro
9	- 22	7 M.	43 <sup>0</sup> <sub>2</sub> N. 8 <sup>0</sup> O. Rhede v. Livorno
10	-	7 <sup>3</sup> <sub>4</sub> M.	- - - -
11	-	9 M.	- Im Hafen daselbst.
12	-	5 A.	- - - -
13	-	9 <sup>1</sup> <sub>2</sub> A.	44 <sup>0</sup> N. 7 <sup>0</sup> <sub>3</sub> O. Gegenüb. Carrara u. Massa
14	- 23	6 <sup>1</sup> <sub>2</sub> M.	44 <sup>0</sup> <sub>3</sub> N. 6 <sup>0</sup> <sub>2</sub> O. Hafen v. Genua
15	-	8 <sup>1</sup> <sub>2</sub> M.	- - - -

## Bemerkungen zu:

1. Wetter heiter, schwacher Wellenschlag.
2. Nur am Horizont Strata. Meer völlig ruhig.
3. - - - - Meer spiegelglatt, leuchtend.
4. Himmel dicht, viel Cumuli, bedeckt. Meer spiegelglatt.
5. Wenige Cumuli und Cumulo-strat. -
6. 7. 8. Himmel ganz heiter. Meer spiegelglatt und leuchtend.
9. Am Horizont einzelne Strat. Meer ruhig.
10. Schwache Cirrostrat - -
11. Meer ruhig.
12. Leichte Cum. Strat. und Cum. Schwacher Wellenschlag.
13. Himmel heiter. Meerleuchten. -
14. Himmel heiter, sanfter Wellenschlag.

nedig (No. 1) und von Neapel nach Genua (No. 2 bis 15) zu machen. Das Instrument war ein gutes Greiner'sches Quecksilber-Thermometer für die Wärmegrade der Luft. Die Beobachtungen wurden mit möglichster Vorsicht angestellt: besonders wurde der Einfluss der Sonne vermieden, und deshalb fast nur Morgens und Abends beobachtet, und die Erwärmung des Schiffes konnte nur geringe Wirkung auf die Messungen der Luftwärme haben, in Folge der starken Luftbewegung, welche bei Dampfschiffen zu herrschen pflegt, wären dieselben nicht dadurch ganz vermieden worden, dass wir jedesmal den passendsten Beobachtungspunkt wählten. Wir begnügten uns ferner nicht mit *einer* Messung, sondern die folgenden Zahlen sind gewöhnlich das Mittel aus mehreren (fast genau übereinstimmenden) Ablesungen. Die Temperatur des Meerwassers ist die mittlere der obersten, gegen einen Fuß dicken Schicht des Meeres:

T e m p e r a t u r		W i n d.
des Meerwassers.	der Meeresluft.	
20° R.	17°,0 R.	
16,9	17,3	schwach nördlich
17,0	16,8	- -
17,0	15,6	- -
16,6	18,0	- südlich
16,2	16,0 -	NW.
16,4	16,0	NW.
16,5	16,0	NNW.
	12,5	NO.
15,9	15,0	NO.
15°,6 — 15°,9 R.		
16°,1 R.	15,8	N. mäßig
16,1	15,6	nördl.
	14,0	} Stöße aus N.
15,9		

Die Extreme der Luftwärme im October waren mithin 12°,5 und 18°,0, Differenz 5°,5 R., die der Meerestemperatur 15°,6 und 17°,0, Differenz 1°,4 R., und, werden hier noch die Beobachtungen in Häfen ausgeschlossen, sogar nur 16°,1 und 17°,0, was für einen Breiten-Unterschied von etwa 3 Graden nur 0°,9 R. Temperaturdifferenz giebt. — Fast an demselben Tage, am 23. Oct. 1832, beobachtete Bérard zwischen 2<sup>3h</sup> und 3<sup>3h</sup> Nachmittags in 40° 41' N. 0° 26' von O. v. P. 17°,0 bis 17°,5 R. Meerestemp. bei 18°,3 bis 19°,0 R. Luftwärme, eine Uebereinstimmung zeigend mit unserer Mes-

sung am neapolitanischen Küsten-District des tyrrhenischen Meeres, in einem mehr als 12 Längengrade betragenden Abstände, die wahrscheinlich zufällig, jedoch bemerkenswerth ist. — Wenn die Beob. No. 2 bis 4 um die Mitte des Octobers etwa als annähernde Temperatur des Wassers im October ( $17^{\circ},0$  R.  $= 21^{\circ},2$  C.) angesehen werden können, so würde diese die mittlere Wärme der Luft in Neapel, nach vieljährigen Beobachtungen  $16^{\circ},63$  C., ansehnlich übertreffen. Doch ist hiebei zu erinnern, dafs im J. 1841 der Herbst ungewöhnlich warm war. Wir fanden z. B. zu Anfang des Octobers *nach* Sonnenuntergang an einem hellen Abende auf der Strasse von Capua nach Neapel in der Campagna felice (bei Aversa) die Luft  $26^{\circ}$  R. warm, während die absoluten jährlichen Maxima nach den Beobachtungen auf dem K. Osservatorio in Neapel sich in den letzten 19 Jahren (um die Zeit der grössten Wärme) in *dreien* nicht über  $25 - 26^{\circ}$  erhoben (das absolute Maximum in diesem Zeitraum ist  $30^{\circ},5$  R.), und doch fallen diese Extreme immer in die drei Sommermonate. — Nach Kämtz Verfahren, aus den Beobachtungen in einem Monat die mittlere Jahreswärme auf den grossen Oceanen abzuleiten (Meteor. Bd. II), würde dieselbe im tyrrhenischen Meere in  $40^{\circ}$  Br.  $15^{\circ},8$  R. betragen, wenn sie auf dem atlantischen Ocean  $11^{\circ},6$  beträgt, ein Verhältnifs, das mit der Abgeschlossenheit des mittelländischen Meeres gegen die kalten Polarströme gut übereinstimmt, wiewohl solche Berechnungen, ungeachtet der geringen Varietät der Meerestemperatur in mittleren Breiten in der jährlichen Periode (s. Kämtz a. a. O. S. 115) nur Näherungswerthe liefern können.

---

## XVI. Ueber elektrische Abbildungen. Notiz von G. Karsten.

---

Im Repertorium der Physik, Bd. VI S. 180 und folgd. beschreibt Hr. Dr. Riefs eine Art von elektrischen Figuren, welche er elektrische Hauchfiguren nennt. Am



schönsten erhielt ich diese Figuren, wenn ich eine Franklin'sche Tafel, deren einer Beleg beweglich war, lud, und nach Entfernung des Beleges entlud; wo dann die durch die Lichterscheinung sichtbar gewesene Zeichnung sich nach dem Anhauchen wieder zeigte. Einige Stellen hatten also durch die Einwirkung der Elektrizität die Eigenschaft erhalten, von Wasserdämpfen unbenäht zu bleiben. Die Analogie dieser Figuren mit den Moser'schen Bildern schien mir so groß, daß ich Versuche zur Erzeugung solcher Bilder auf elektrischem Wege vornahm. Zu dem Ende legte ich eine Münze auf Spiegelglas, daß seinerseits auf einer abgeleiteten Metallplatte ruhte, und liefs aus dem Conductor der Maschine Funken in die Münze schlagen, die zugleich von dieser nach der Metallplatte überschlugen. Nach hundert Umdrehungen der Maschine (deren Scheibe 20" Durchmesser hat) entfernte ich die Münze; die Glastafel erschien durchaus unverändert, beim Behauchen aber kam der vollständige Abdruck der Münze bis in die kleinsten Details zum Vorschein <sup>1)</sup>).

Es folgten nun folgende Fragen: Ist das entstehende Bild durch noch an der Glastafel haftende Spuren von Elektrizität gebildet? Ist es auf die Moser'sche Weise, d. h. durch Licht, entstanden? Kann man gleiche Bilder auch auf Metall erhalten? Welches sind die Bedingungen des Gelingens der Bilder? Auf welche Weise sind die Bilder zu fixiren?

Die erste Frage muß ich entschieden verneinend beantworten; auf der Glastafel sind zwar unmittelbar nach dem Elektrisiren Spuren von Elektrizität enthalten; durch Abwischen mit einem Tuche oder durch einige Zeit langes Niederlegen verschwindet diese Spur aber gänzlich, und

1) Ich kann dieß aus eigener Anschauung bestätigen, und noch hinzufügen, daß die erhabenen Theile der Münzen in den Hauchfiguren beim Durchsehen mit dunklerer, beim Daraufsehen mit hellerer Schattirung als die übrigen erscheinen.

das Bild ist in großer Schärfe sichtbar; ja selbst durch starkes Abreiben, Erwärmen und Behauchen ist es schwer jede Spur des Bildes zu verwischen, was bei den Versuchen oft hinderlich ist. Ein anderer Grund gegen die Annahme, daß Spuren von Elektricität haften geblieben seyn könnten, ist der, daß die Bilder nicht geschwächt werden oder gar aufhören, wenn man die entgegengesetzte Elektricität einströmen läßt, wie denn überhaupt beide Elektricitäten genau dieselbe Wirkung haben.

Am entscheidendsten aber ist der Umstand, daß ich auch auf polirten Metallplatten Bilder erhalten habe (wenn auch mit besonderen Vorsichtsmafsregeln, wie ich nachher zeigen werde); wo also von anhaftender Elektricität nicht die Rede seyn kann. Noch vorhandene Elektricität ist also nicht die Ursache der Bilder.

Etwas anderes aber ist es mit der Frage, ob sie ihre Entstehung Einwirkungen verdanken, die mit den Moser'schen Bildern übereinstimmen, oder ob sie einer eigenthümlichen Wirkung der Elektricität zugeschrieben werden müssen. Gegen die erste Ansicht streitet, daß der Proceß in ungemein kurzer Zeit im Verhältniß zu dem vor sich geht, durch welchen die Moser'schen Bilder hervorgebracht werden. Wenige Umdrehungen genügen, um die Umrissse der Medaillen auf dem Glase darzustellen, und die Zeit, welche zu 300 Umdrehungen erforderlich ist, als das Quantum, durch welches man Bilder auf Metallplatten erhält, ist vergleichungsweise nur höchst unbedeutend.

Wollte man einwenden: die Intensität des Lichtes sey so bedeutend, daß die kurze Zeit hinreichend sey, um Bilder zu erhalten, so steht dem entgegen, daß man durch die Schläge der Batterie kein so vollkommenes Bild erhält, obgleich die Intensität des Lichtes ohne alle Frage viel bedeutender ist. Ferner isolirte ich die Medaille durch Siegellack und entfernte sie 1 Linie weit von der Glasplatte, die Funken schlugen vom Rande der Medaille unmittelbar in das Metallblech; nichts desto-

weniger erhielt ich ein Bild, ohne dafs auch nur eine Lichterscheinung, selbst im Dunkeln, zwischen der Medaille und der Glastafel sichtbar geworden wäre.

Es könnte also nur von den sogenannten dunkeln oder von den unsichtbaren Lichtstrahlen die Rede seyn, aber auch von diesen ist keine so intensive Wirkung bekannt, und man müßte also voraussetzen, dafs in dem elektrischen Lichte oder dem elektrischen Fluidum die Art der Strahlen, welche die in Rede stehenden Veränderungen der Oberfläche hervorbringen, besonders und vorzugsweise enthalten wären; da aber eine solche Annahme vorläufig nicht weiter gerechtfertigt ist, so muß man wohl vor der Hand die Wirkung als eine der Electricität eigenthümliche betrachten.

Ueber die Bedingungen des Gelingens der Bilder kann ich für jetzt Folgendes festsetzen. Erstens scheint von der Beschaffenheit des Glases viel abzuhängen; auf dickem Glase werden die Bilder eben so deutlich wie auf dünnem, außer wenn man auf beiden Seiten der Glastafel Münzen anbringt, die sich dann wie die Belege einer Tafel verhalten. Mit dünnen Tafeln kann man viele Schichten übereinanderlegen, und erhält zwar stets abnehmend schwache, aber doch noch immer erkennbare Bilder der Münze. Anders verhält es sich mit der chemischen Beschaffenheit des Glases; unter sonst gleichen Bedingungen habe ich auf verschiedenen Gläsern sehr verschiedene gute Bilder erhalten. Ob der Knopf des Conductors die Münze berührt oder ob Funken zur Münze überschlagen, scheint gleichgültig zu seyn. Dagegen fördert es sehr die Genauigkeit der Abbildung, wenn aus der Münze Funken nach dem äußern Metallblech überschlagen können; in den Fällen, wo die Electricität langsam aus der Münze entwich, waren die Bilder undeutlich.

Auf Metallplatten erhielt ich die Bilder am besten, wenn ich zwischen der Münze und der Platte ein geöltes Papier anbrachte, und so den Uebergang der Elek-

tricität etwas verzögerte, doch entstanden auch bei unmittelbarer Berührung der Münze Bilder. Ob die metallische Beschaffenheit der Münze von Einfluss ist, wage ich nicht zu entscheiden, doch scheinen die aus besseren Leitern verfertigten auch bessere Bilder zu geben. Wie schon angeführt, bringen starke Schläge mittelst einer Flasche oder Batterie nicht dieselbe Wirkung hervor wie einzelne Funken, wenigstens muss man eben so viel Umdrehungen bei einer Batterie und mehr bei einer Flasche anwenden, um dieselbe Deutlichkeit des Bildes zu erhalten. Es kann dies verschiedene Ursachen haben, theils bleibt in der Flasche sowohl als in der Batterie ein Rest; man hat also nicht die gleiche Elektrizitätsmenge; theils aber wird die Wirksamkeit der Maschine geschwächt, je näher die Flasche oder Batterie der Ladung ist. Positive oder negative Elektrizität scheinen gleich wirksam zu seyn, doch habe ich hierüber noch zu wenig Versuche gemacht.

Was das Fixiren der Bilder betrifft, so ist mir dies bis jetzt nur sehr unvollkommen gelungen. Die Bilder auf den Glastafeln kamen zwar durch Quecksilber- und Jod-Dämpfe zum Vorschein, verschwanden jedoch gleich nach dem Abnehmen von dem Apparate. Die Bilder auf Metall werden zwar durch Jod- und Quecksilber-Dämpfe fixirt, aber nicht gleichmäfsig und deutlich, was aber bis jetzt theils an der ungeschickten Behandlung, theils an dem Ungenügenden der Apparate liegen mag.

Dafs man, um die Bilder auf Metall genügender zu erhalten, einen schwachen Isolator einschalten muss, führte auf den Gedanken, durch den galvanischen Strom die Erzeugung der Bilder zu versuchen, doch habe ich bis jetzt kaum Spuren von Abbildungen erhalten; indessen werden bei zweckmäfsiger Behandlung auch hier gewifs Resultate erhalten werden.

Sollten sich im Verlaufe der Untersuchungen neue Resultate ergeben, so behalte ich mir darüber fernere Mittheilung vor.

---